أ. شتيرنفلد

السفر بين الكواكب

ترجمة وتقديم: شوقي جلال

ميراث الترجمة

2264

يعرض الكتاب - بأسوب علمي مُبسط يتناسب مع المثقف العام - حكاية أو حلم البشرية فى السفر عبر الفضاء فى التراث الإنساني وموقعها بين الأسطورة والعلم، ويحدثنا عن سفن الفضاء وكيفية بنائها ومشكلاتها، وطريقة بناء الصاروخ حامل السفينة العابر لنطاق الجاذبية الأرضية وسرعاته، وأنواع الوقود، وتدريب رواد الفضاء، ويقرر ذلك بصور ورسوم توضيحية للمجموعة الشمسية وزوايا الانطلاق والحركة والأقمار الصناعية ... وغير ذلك. ويتميز الكتاب بأنه يزودنا بالمعلومات الأولية التى تجعلنا على ألفة مع أخبار الفضاء وأحداثه.

تصميم الغلاف: عبد الحكيم صالح

السّفر بين الكواكب

المركز القومى للترجمة
تأسس فى أكتوبر ٢٠٠٦ تحت إشراف: جابر عصفور
مدير المركز: أنور مغيث

سلسلة ميراث الترجمة
المشرف على السلسلة: مصطفى لبيب

- العدد: 2264
- السفر بين الكواكب
- أ. شتيرنفلد
- شوقى جلال
- اللغة: الإنجليزية
- 2014

هذه ترجمة كتاب:
INTERPLANETARY TRAVEL
By: A. Sternfeld

شارع الجبلاية بالأوبرا- الجزيرة- القاهرة. ت: ٢٧٣٥٤٥٢٤ فاكس: ٢٧٣٥٤٥٥٤
El Gabalaya St. Opera House, El Gezira, Cairo.
E-mail: nctegypt@nctegypt.org Tel: 27354524 Fax: 27354554

السفر بين الكواكب

تـــأليف: أ. شـــــــــــتيرنفلد

ترجمة وتقـديم: شـــــوقى جـــــلال



2014

بطاقة الفهرسة
إعداد الهيئة العامة لدار الكتب والوثائق القومية
إدارة الشئون الفنية

شتيرنفلد؛ أ
السفر بين الكواكب، تأليف: أ.شتيرنفلد؛ ترجمة وتقديم: شوقى جلال.
القاهرة : المركز القومى للترجمة ؛ ٢٠١٤
١٤٤ ص ؛ ٢٠ سم
١ - الفضاء
٢ - الأقمار الصناعية
٣ - الكواكب
(أ) جلال؛ شوقى (مترجم ومقدم)
(ب) العنوان
٥٢٣,١١١

رقم الإيداع ٢٠١٣/٨٤٤٠
الترقيم الدولى : I.S.B.N - 978 -977-712-324- 6
طبع بالهيئة العامة لشئون المطابع الأميرية

المحتويات

مقدمة الطبعة الثانية.. 7

مقدمة الطبعة الأولى 15

السفر عبر الفضاء بين الأسطورة والعلم 19

سفن الفضاء 29

١- مشكلة الإفلات من الأرض 31

٢- الصاروخ باعتباره مثالا لسفينة الفضاء 41

٣- تصميم سفينة الفضاء 51

حول سفينة الفضاء 59

١- الرحيل 61

٢- الطيران 65

٣- الحياة داخل سفينة الفضاء 69

٤- مخاطر الطيران عبر الفضاء 77

٥- الهبوط 83

القمر الصناعى 87

١- بناء القمر 89

٢- الاستفادة من القمر الصناعى 93

رحلات الفضاء 99

١- رحلة إلى القمر 101

٢- رحلة إلى المريخ 109

٣- رحلة إلى الزهرة 121

٤- السفر إلى الكواكب الأخرى 129

خاتمة 135

مقدمة الطبعة الثانية

السفر عبر الفضاء حلم داعب خيال البشرية منذ بداية الوعى بالوجود. حلم جمع بين الرهبة والخوف من كائنات غريبة تسكن الفضاء، وبين الخيال والطموح الجامح. وعبَّر الإنسان عن حلمه الجسور بعبارات مزيج من الروع والقداسة والخيال الأدبى؛ حيث ينطلق اللسان بأحاديث عن سكان الفضاء وما يحملونه للبشر من نذر شر أو بشائر خير، وقدرات على رسم المصير والتحكم فى شئون البشر؛ وحينا آخر بأحاديث وروايات تدخل باب الخيال الأدبى أو الخيال العلمى. وظل الفضاء رهانا ونطاقًا لا يقربه الإنسان إلا بخياله.

ولكن البشرية بإرادتها الصلبة، ودأبها على تحصيل المعارف، ورغبتها الأصلية فى مغامرة كشف الحجب ورفع أستار المجهول، وإيمانا بحقها فى الفهم والمعرفة وانتزاع حقها في الوجود، وأن لا مستحيل، استطاعت مرحلة بعد مرحلة أن تعزز خطوها على هذه الأرض داخل هذا الكون الفسيح تبحث، وبفضل السؤال والشك

ومغامرة المعرفة، وتراكم الإنجازات، وتضافر الجهود العلمية وفهم قوانين الطبيعة، استطاعت اختراق حجب الفضاء القريب ثم البعيد مع التطلع إلى الأبعد فالأبعد، وكأن الكون كله بين يدى البشر مجال للاستثمار، ومجال للمزيد من البحث والمغامرة المعرفية، ومجال للإنجاز والوثب إلى البعيد إلى حيث دان لها المستحيل.

عرف الإنسان الجاذبية مبحثا علميا له قوانين، وتيسر له تفسير الكثير من الظواهر، ولكنه ظن نفسه أسير جاذبية كوكب الأرض. وواصل جهود البحث العلمى لفهم ظواهر الطبيعة من حوله، وعرف كيف يخترق حاجز الجاذبية واكتشاف قوانين الفضاء.

ظل السؤال الأبدى: ماذا عن مكان ومكانة الإنسان على هذا الكوكب الأرضى وفى الكون؟

كانت للقدماء جهودهم وأحلامهم التى تجسدت فى رؤى وتأملات عن النجوم والكواكب، وعلاقتها بمصائر وأقدار البشر والمجتمعات. ومع هذه الجهود والرؤى رسموا خرائط الكون القريب، وحدثونا عن أبراج السماء وانتماء البشر إليها. نجد هذا فى بابل وآشور وفى مصر القديمة وفى حضارتى الأزتك ومايا فى أمريكا الجنوبية وفى بلدان آسيا حيث الصين والهند... إلخ، أى أنها قضية

إنسانية أو مشكلة مؤرقة للإنسان. وظل الإنسان على مدى هذا التاريخ كيانا مفعولا له. خاضعا لأقدار تسطرها أبراج السماء تجسيدًا لأقدار أعلى. أو هكذا كانت صورة الكون وتصور الإنسان. وساد اعتقاد أن الكون كله تجلٍّ لقدرة أعظم، وأن الإنسان هو محور الكون. وترسخ على مدى الأحقاب رأى أن الإنسان كيان منفصل ومستقل عن الطبيعة التى نشأت، حسب تصوره، لخدمته وقد أتاها عابرًا.

ولكن البشرية بفضل جيود البحث الدؤوب، وتراكم المعارف التى تجسد تراث الإنسانية والقدرة على فرز الغث وإضافة الجديد الجيد، بدأت مسيرة مغايرة نوعيا على طريق كشف أستار الحجب، وتمثل المسيره بداية الشك فى الموروث، والتحدى للتقليد، والجسارة لإثبات المغاير المختلف تأسيسا على البحث العلمى وإطالة النظر، والبرهان، والالتزام بمنهج حاكم لكل هذا هو المنهج العلمى.

وعانى أهل الفكر والبحث والنظر أشد المعاناة للتعبير عن إنجازاتهم، واقتناص الفرصة للإفصاح عن حقيقة جديدة. وما أشد الآلام والمعاناة. وهكذا عرفت ساحة العلم شهداء ضحوا فداء المعرفة منهم من قتل على الخازوق أو حرقا ومنهم من أودع السجن، ومنهم

من قنع بأن سجن هو أفكاره حبيسة بين جوانحه، أو أرغمته سلطات التراث على الإنكار والاستنكار. وعرفت ساحة العلم رواذا تدين لهم جميعًا بالفضل. والفضل ممتد منذ قديم الزمان وموصول حتى يومنا هذا بفضل الجهود المطردة.

بدأت عمليات البحث في العصر الحديث على يدى نيقولا كوبرنيك فى القرن ١٦، الذى رأى أن الأرض ليست مركز الكون. وهو الرأى الذى دعمه من بعده جاليليو جاليلى فى مطلع القرن ١٧ مع أول تلسكوب يوضح برؤية العين أن الأرض كوكب يدور فى فلك حول الشمس. وتتابعت موجات البحث العلمى الفلكى على مدى القرون التالية، واتسع أفق الكون المحيط، وتزايدت التساؤلات التى تلتمس الإجابة، وتوفرت بفضل البحث العلمى تكنولوجيات، أى أدوات بحث جديدة متطورة بالغة الدقة والقدرة، وتضاعفت طموحات البشرية، واتسعت آفاق الرؤى والبحث بقدر اتساع آفاق غموض الكون.

ومنذ أكثر من خمسين عاما صدر هذا الكتاب فى ترجمته العربية، بينما البشرية على أعتاب الأمل لاختراق حجب الفضاء، وكان لا يزال الأمل العربى غضا جنينًا أو جديدًا فى أن لا يقنع العرب بدور المشاهدين للفتوحات العلمية، إذ يرونها بعين التقليد إعجازا لا إنجازا، وإنما الأمل فى أن يكونوا مشاركين موضوعيين

سباقين أو أندادًا أكفاء مثلما كانت الصين وقتذاك ومثلما هي الآن. ومضت السنون ونحن أسرى الإعجاز.

وصدر الكتاب وقتذاك، ولا يزال حتى يومنا هذا تجسيدًا للأمل وتوضيحًا للحدث، وتعبيرًا عن المبادئ العلمية الأساسية لعلوم الفضاء وإنجازاته. يعتبر الكتاب فى تاريخ صدوره أول كتاب عربى علمى عن الفضاء، مع أول رحلة إلى الفضاء مع إطلاق صاروخ يحمل الكلبة لايكا. وتتابعت بعده كتب ودراسات مثلما تواترت رحلات الفضاء لتعود بالكم الوفير من المعلومات التى تظل ملكا لأصحاب الجهد والعلم. ويمثل الكتاب ضرورة للقارئ العربى الذى ينشد ألا يشعر بالغربة والاستغراب إزاء رحلات الفضاء، بل يشعر أنه على ألفة بها، وأنها عمل بشرى مؤسس على العلم والتكنولوجيا، وجهد ميسور لمن عقدوا العزم على المساهمة الإيجابية يخوضون لجج نهر الحياة الدافق بدلا من القناعة بالتقاعس والبقاء على قارعة طريق الحياة، رؤوسهم تعشعش فيها أفكار بالية، بينما العيون مذهولة من هول المفاجآت العلمية والتكنولوجية المتطورة أبدًا وليس لهم فيها نصيب.

ويعرض الكتاب بأسلوب علمى بسيط يناسب المثقف العام. يبدأ بحكاية السفر عبر الفضاء فى التراث الإنسانى وموقعها بين الأسطورة والعلم. ثم يحدثنا عن سفن الفضاء ما هى؟ وكيف تتكون؟ ومشكلاتها وأهمها مشكلة الإفلات من جاذبية الأرض؟ وتكوين الصاروخ حامل السفينة وسرعاته وأنواع الوقود؟ ويقرن ذلك بصور ورسوم توضيحية للمجموعة الشمسية وزوايا الانطلاق والحركة، وهيكل مكونات الصاروخ. ثم يحدثنا بعد ذلك عن سفينة الفضاء المأهولة وكيفية حياة رواد الفضاء من نوم وغذاء ومتابعة بحثية والمشكلات النظرية والعلمية للعودة والهبوط على الأرض فى موقع محدد لها.

ويقدم الكتاب رؤية توضيحية للقمر الاصطناعى: تصميمه وطرق إطلاقه ودوره لتوفير المعلومات عن طبقات الجو العليا، ودوره باعتباره محطة أرصاد طائرة، أو محطة لوجستية فضلا عن الاستفادة فى مجالات أخرى عديده، مثل البث الإعلامى والتجسس وغيره. ويحدثنا بعد ذلك عن الرحلات المزمع الانطلاق بها إلى كواكب المجموعة الشمسية، والذى كان أملا وقتذاك وأصبح حقيقة الآن شاهدة على أن العلم هو السبيل الأوحد لتحقيق التقدم والرفاه فى ظل مجتمع مؤمن بالعلم، ومؤمن بالإنجاز وإرادة الإنسان والسبق فى

الماراثون الحضارى. هذا أو لنقنع بدور المتفرج الذى يرى ولا يعمل بل ولا يفهم.

وامتدت مسيرة العلم آمادًا فاقت كل الخيال، ومع كل هذه الإنجازات المذهلة، لا تزال المسيرة فى البداية، وتفتحت تفاصيل لا نهائية، واتسعت آفاق لا حدود لها فى علوم الفضاء والبيولوجيا وغيرها. واشتد عزم الإنسان، وقويت إرادته، وترسخ سلطان العلم والعلماء بفضل قوة رواده وعزمهم ودأبهم ومعاناتهم الذين تحدوا سطوة وسلطان التقليد.

وأدعو القارئ إلى أن يقرأ مقدمة الطبعة الأولى المكتوبه منذ أكثر من خمسين عاما لتصدمه المفاجأة المتمثلة فى الأمل المتوهج وقتذاك بأن يكون للعرب دور ناجز فى ساحة العلوم، ومنها علوم الفضاء. ولكن بعد هذه العقود الخمسين يبين بوضوح كيف وئد الأمل، كيف خبا وتبدد، أو ما ظنناه أملا داعب خيالنا فى شبابنا وإذا به لا يزال سرابا خادعا. وكأننا إذ نعيد طبع الكتاب، إنما نرثى حلما من أحلام اليقظة فى إطار سخرية الزمان.

شوقى جلال

القاهرة – ديسمبر ٢٠١٠

مقـدمة الطبعة الأولى

يتميز النصف الأخير من القرن الحالى، بحدثين مهمين، خطى كل منهما بالإنسانية خطوات جبارة إلى الأمام، ووسـعا مـن آفـاق إدراك الإنسان، وفتح كل منهما أمامـه عـصرًا تاريخيًـا جديـدًا، وحضارة عريضة. ولقد كان كل منهما دلالة واضحة على مدى مـا بلغه العقل الإنسانى من تقدم فى سلم التطور، وبيانًا جليًا عـن مـدى سيطرة هذا العقل على الطبيعة، وتحكمه فيها، وفهمه لقوانينها.

أما الحدث الأول، فهو تحطيم الذرة، ويعنى هذا أن الإنـسان وضع يده على مصدر لا ينفد من الطاقة المحركة، وهى طاقة كفيلـة بأن يسيِّر الإنسان بها السحب، وأن يحوِّل عناصر الطبيعة، ويقـضى على كثير من الأمراض، ويشق بها الجبـال، ويـزرع الـصحراء، ويحرك بها الآلات والسيارات، ويزيد الإنتاج، ويخلق بيئة صـالحة، وتكون بذلك مصدر سعادة ورفاهية.

ولكن كيف عرف الإنسان هذا الحدث؟

لقد عرفه عام ١٩٤٥، مع دقات أجراس الحِداد، بعد أن ألقيت أول قنبلة ذرية فوق هيروشيما. عرفه مع ضحايا هذه القنبلة، من قتلى، ومشوهين، ومشردين.

وهنا وجلت القلوب، وخفتت الأصوات، وجمدت الأبصار، ونظر الإنسان إلى حياته، ومستقبله، فى يأس آمل، عسى أن يكتب للبشرية السلام، وتبدأ عصرًا جديدًا، بعد انتهاء الحرب العالمية، والانتصار على الفاشية.

والحدث الثانى الذى دفع بالبشرية إلى الأمام، وانتقل بها من عصر إلى عصر، هو إطلاق الاتحاد السوفيتى لأول قمر صناعى يدور حول الأرض.

وكم كان التباين واضحًا فى استقبال الشعوب لكلا الحدثين، فإن كانت البشرية قابلت الحدث الأول، والوجوم يخيِّم عليها، واستمعت إلى نبئه مع صرخات الأطفال، وبكاء النساء، وصيحات الكهول، أبناء قتلى هيروشيما وضحاياها، فإنها استقبلت القمر الصناعى بالفرح والبهجة، وتحوَّل اليأس الآمل إلى أمل بسَّام.

فإن كانت البشرية قد دقت أجراس الحداد مع إلقاء أول قنبلـــة ذرية، فقد حق لها أن تدق أجراس البِشر والأمل مع إطلاق أول قمر صناعى يعلن سيطرة الإنسان على الطبيعة وخرقه لحجب الفضاء.

إنه انتصار فى ميدان التنافس العلمى، فى المعركة الخالدة التى بدأها الإنسان الأول مع الطبيعة، كى يبنى حياة سعيدة جميلة.

شوقى جلال

١٩٥٧/١٠/٢٠



السفر عبر الفضاء

بين الأسطورة والعلم

ظل السفر عبر الفضاء قرونا طويلة وهو لا يعدو أن يكـــون أضغاث أحلام.

فهناك الكثير من الأساطير التى تحكى لنا قصة إنسان يطيــر إلى العوالم الأخرى، أو قصة زوّار يأتون من تلك العوالم فى زيـــارة للأرض: وعلم الأساطير اليونانية القديمة، على وجـــه الخـــصوص، غنىٌّ بمثل هذا النوع من الأساطير. فنحن نجد على سبيل المثال قصة إيكاروس. وإيكاروس هذا شخص ركب على ظهـــره أجنحـــة مـــن

الريش وثبتها بالشمع ثم طار بها حتى اقترب من الشمس. وهنا ذاب الشمع وسقط إيكاروس فى البحر وغرق. وهناك قصة أخرى، وهى قصة الإسكندر الأكبر الذى أراد أن يزور السماء فى عربة تقودها مجموعة من النسور. وثمة أسطورة صينية تزعم لنا بأن السلالة الصينية انحدرت إلينا من القمر.

وفى الأيام المظلمة من العصور الوسطى تجنب الناس فكرة التحليق فى الفضاء. وكان ذلك خوفا من اضطهاد الكنيسة. وشذت عن هذا الموقف الملحمة الهندية المسماة "رامايانا"، إذ تحكى لنا الملحمة، بأن بطلها سافر إلى السماء.

وفى عصر النهضة، بعث من جديد الاهتمام بالتحليق بعيدا عن الأرض. وانعكس ذلك فى صورة رؤى خيالية. ومع نمو معرفة الإنسان بالطبيعة حلت التخمينات العلمية محل الأساطير.

وفى القرن السابع عشر ظهرت أولى المحاولات التى أعدت بطريقة فنية لتحقيق الاتصال بين الأرض والأجرام السماوية الأخرى. إلا أن هذه المحاولات رغم ذلك، لم تكن مبنية على أساس علمى.

وأشار العالم الإنجليزى جون ويلكينز إلى أن التحليق فى الفضاء من الأمور الممكنة. وكان ذلك فى كتابه "مقال عن عالم جديد وكوكب آخر". وقد ذهب الروائى الفرنسي، سيرانو دى برجراك إلى أبعد من ذلك. ومنذ أن أعرف الإنسان كيفية الطيران وهو يتحدث عن إمكانية استخدام الصواريخ للسفر عبر الفضاء، بل وصل به الأمر إلى أن تحدث عن أبسط تصميم لسفينة الفضاء التى تبنى على هيئة صاروخ.

ولقد شاهد القرن التاسع عشر ظهور عدد من الروايات الخيالية التى تتحدث عن السفر عبر الفضاء، وبعض هذه الروايات لا تقوم على أساس علمى بالمرة. فهناك على سبيل المثال أبطال قصص الروائى جول فيرن، الذين أطلقتهم بندقية إلى القمر، إلا أن المؤلف تناسى تماما أن أبطاله هؤلاء سيلقون حتفهم حالما تطلق البندقية.

وهناك الكثير من الروائيين الذين ظهروا فى بداية القرن الحالى، وكتبوا روايات خيالية تعالج الحياة فى العوالم الأخرى، ولقد شاعت هذه الروايات بين جمهور القراء، ومن هؤلاء الروائيين هـ . ج. ويلز فى إنجلترا، و أ. بوجدانوف، وأخيرا. تولستوى و أ . بيليابيف فى روسيا.

وهناك بعض العلماء الذين كتبوا عددًا من الروايات والقصص عن التحليق فى الفضاء. ومن بين هؤلاء العلماء ك.أ. تسيولكوفسكى.

***

لا مراء فى أن علم السفر عبر الفضاء أصبح من حقه الآن أن يعامل على قدم المساواة مع أى فرع من فروع العلوم الأخرى.

إن تاريخ علم السفر عبر الفضاء مرتبط ارتباطًا وثيقًا بالمجالات الأخرى للبحث العلمى. إذ من المستحيل مثلا أن يكتب لعلم السفر عبر الفضاء، البقاء دون دراية بعلم الفلك، أو دون معرفة بتعاليم نيقولا كوبرنيكوس عن بنية المجموعة الشمسية.

فقد برهن كوبرنيكوس على أن الأرض ليست هى مركز الكون. كما برهن على أن الكواكب بأكملها، وبما فيها الأرض، تدور حول الشمس. كما اكتشف يوحنا كيبلر القوانين التى تضبط حركة الكواكب، وحدّد إسحق نيوتن بوضوح القوانين الأساسية التى تخضع لها حركات الأجرام السماوية. وكان نيوتن يرى كذلك أن من الممكن أن تنطلق قذيفة من الأرض وتصبح بمثابة "قمر" مصغر، أى بمثابة كوكب صناعى تابع للأرض. كما كان يرى أن من الممكن أن ينطلق جسم من الأرض إلى الفراغ اللانهائى.

لهذا فإن تعاليم كوبرنيكوس، والقوانين التى اكتشفها كيبلر ونيوتن، تعتبر كلها ذات أهمية قصوى لعلم السفر عبر الفضاء. وذلك لأن سفينة الفضاء يمكن أن ينظر إليها باعتبارها نوعًا من الأجرام السماوية، كما أنها سوف تتخذ لها مسارًا محددًا فى غاية الدقة، وتسير فيه عبر الفضاء، وستخضع لنفس القوانين التى تخضع لها الأجرام السماوية.

ولقد ظهر علم السفر عبر الفضاء نتيجة لتطور علم الفلك وصناعة الصواريخ.

وإذا ألقينا نظرة سريعة إلى تاريخ الصاروخ، سنلاحظ أنه معروف منذ القدم، فقد اعتاد الصينيون فى الأزمنة القديمة أن يطلقوا صواريخ من البارود بقصد التسلية فى الأعياد الكبرى. كما كانت تستخدم الصواريخ فى العصور الوسطى كذلك للأغراض العسكرية.

وفى نهاية القرن السادس عشر ظهرت رسومات وأوصاف للصاروخ ذى المراحل، وظهرت فى منتصف القرن السابع عشر رسومات لصواريخ مجهزة بزعانف هوائية.

وعرفت روسيا صناعة الصواريخ منذ بداية القرن السابع عشر. وكان ذلك بفضل الجهد الذى بذله العالم أوبنزيم ميخايلوف.

وقد أسست فى عام ١٦٨٠، أول "مؤسسة" للأبحاث الصاروخية"، ورأس هذه المؤسسة ك. ى. كونستانتينوف فى منتصف القرن التاسع عشر. ويعتبر هذا العالم أعظم خبير فى صناعة الصواريخ فى الفترة السابقة على الثورة الروسية. وقد عمل على تطوير الصاروخ الحربى الروسى لدرجة لا بأس بها. وفى عام ١٨٨١، وضع العالم الروسى ن.أ. كيبالتشيك تصميم طائرة صاروخية.

ونقح العالم الروسى الشهير ك. أ. تسيولكوفسكى (١٨٥٧ – ١٩٣٥) نظرية حركة الصاروخ فى الفضاء. كما وضع هذا العالم تصميم أول صاروخ يسير بوقود سائل.

وجدير بنا أن نذكر من بين أتباع هذا العالم كلاً من ف.أ. تساندر (١٨٨٧ – ١٩٣٣)، والعالم ى.ف. كوندرانيوك، الذى توفى عام ١٩٤٢.

وهناك كثير من العلماء الأجانب الذى أسهموا بنصيب وافر فى علم السفر عبر الفضاء. ومن بين هؤلاء العالم روبرت أسنولت بلتيرى (فرنسا)، وهرمان أوبرث، وأ. زايينجر (ألمانيا)، وروبرت هـ. جودارد (الولايات المتحدة)، وأ. أنانوف (فرنسا)، والعالم و. لى، و أ. هالى (الولايات المتحدة)، و ى. ستيمار (السويد) ، و أ.

بيرجيس، و أ. كلارك (بريطانيا)، و هـ. جارتمان (جمهورية ألمانيا الاتحادية). كما أسهمت فى ذلك جمعيات دراسية ما بين الكواكب، (مثل الجمعية البريطانية على سبيل المثال).

ولقد أحرزت صناعة الصواريخ تقدمًا هائلا منذ ذلك الحين، وهذا ما تكشفه لنا الأرقام التالية: ففى العقد الثالث من هذا القرن تمكن صاروخ ذو مرحلة واحدة، يسير بوقود سائل، من أن يضرب الرقم القياسى فى الارتفاع وقدره ١٣ ك.م، وفى عام ١٩٥٢، بلغ هذا الرقم ٢١٧ ك.م ، وفى عام ١٩٥٤، ١٤ ك.م.

وأحرزت الصواريخ متعددة المراحل نجاحًا أفضل من ذلك بطبيعة الحال. إذ ضربت رقمًا قدره ٤٠٠ ك.م عام ١٩٤٩، وفى عام ١٩٥٣ مسافة تقرب من ٥٠٠ ك. م . وهى الآن تبلغ ارتفاعًا قدره ألف ك.م. ومن المؤكد أن هذه الأرقام ليست بالأرقام المثيرة إلى حد كبير، إذا ما قورنت بالمسافات التى تفصل بين الأرض والأجرام السماوية الأخرى.

فالمسافة بين الأرض والقمر مثلا تعادل هذا البعد مئات المرات، كما أن المسافة بين الأرض وأقرب الكواكب تساويها

عشرات الآلاف، ومع ذلك ينبغى علينا ألا نغض من قيمة المكاسب التى أحرزتها صناعة الصواريخ.

ولو تمكنا من أن نزيد من سرعة الصاروخ الحديث إلى الضعف، لتحول هذا الصاروخ إلى كوكب صناعى تابع للأرض، وهذا ما سنبلغه خلال سنين قليلة. ولو زادت سرعة هذا الصاروخ إلى ثلاثة أمثاله، فسوف يخرج من مجال جاذبية الأرض ويتجه إلى القمر.

ومع ذلك فليست المشكلة من السهولة بهذا القدر. فلكى نحصل على مثل هذه السرعة لابد لنا من أن نخفف من وزن الصاروخ الحديث. ولابد وأن نزيد نسبة كتلته. كما يجب أن يكون بناء الصاروخ متماسكا لدرجة قوية، حتى يقاوم درجات الحرارة والضغوط العالية. وهذه هى المشاكل التى تواجه العلماء والمهندسين الآن.

وثمة اعتقاد شائع بأنه لكى يستطيع الإنسان التحليق فى الفضاء، فلابد أن تحدث ثورة فى فن العلوم الصناعية (التكنولوجيا). لكنه اعتقاد خاطئ، إذ إن التحليق فى الفضاء يتحول بالتدريج إلى مسألة يمكن إجراؤها عمليًا، فالنجاح الذى أحرزناه فى تطور صناعة الصواريخ، وفى التحكم فى حركة الأجسام عن بعد، وفى الطبيعيات، وعلم الأحياء، كل هذا يخول لنا الاعتقاد بحق بأن الإنسان أصبح

الآن على عتبة السفر عبر الفضاء. واليوم يشتغل علماء كثير من البلاد فى هذا المجال، وليس علم السفر عبر الفضاء من الأمور التى تعنى الخواص فقط، بل إنها تعنى كذلك الجمهور العام بالمعنى الواسع، ولقد تكونت منذ الحرب الماضية جمعيات خاصة لعلم السفر عبر الفضاء فى أكثر من عشرين قطرا.

ومنذ أكثر من ثلاثين عاما مضت تكونت فى الاتحاد السوفيتى جماعات من هواة علم السفر عبر الفضاء. وفى بداية عام ١٩٥٤، تكونت جمعية لعلم السفر عبر الفضاء، وتعرف هذه الجمعية باسم "نادى شكالوف الهوائى المركزى". وفتح هذا النادى للراغبين فى السفر عبر الفضاء. ولقد شكلت أكاديمية العلوم باتحاد الجمهوريات السوفيتية الاشتراكية منذ عهد قريب لجنة للسفر عبر الفضاء، وحددت الأكاديمية جائزة لتشجيع البحث فى هذا المجال، وتعرف هذه الجائزة باسم "جائزة تسيولكوفسكى". ولا شك فى أن هذه الإجراءات كلها ستعجل باليوم الذى ستحل فيه مشكلة السفر عبر الفضاء.

ويمثل هذا الكتيب أحد الجهود التى تبذل بهدف تقديم عرض موجز يكشف عن الإمكانات التى بين أيدينا الآن، والتى تساعد على السفر بين الكواكب.

سفن الفضاء

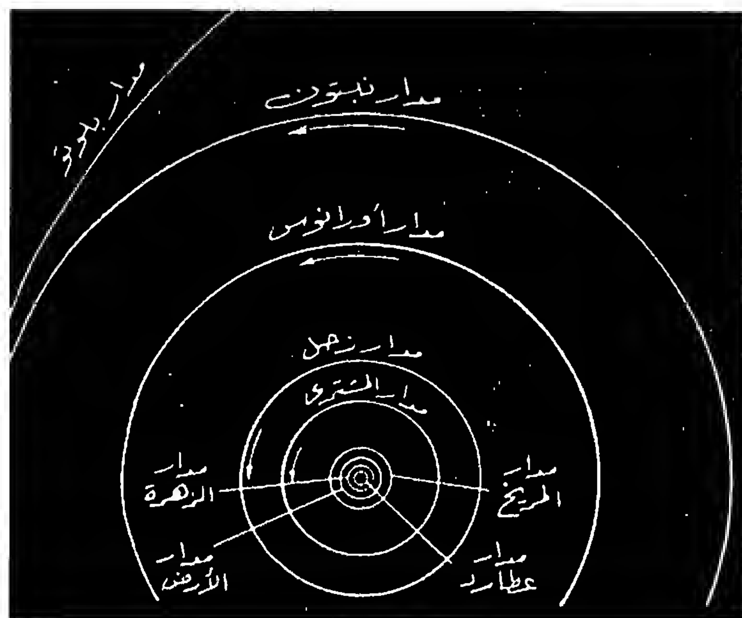
١ - مشكلة الإفلات من الأرض

لنحاول أن نلقى نظرة إلى المجموعة الشمسية (شكل ١) التى سنعبر أرجاءها اللامحدودة بسفن الفضاء التى سنصنعها فى المستقبل.

الأرض واحدة من بين الكواكب التسعة الكبرى التى تضمهم المجموعة الشمسية، وتتحرك الأرض حول الشمس فى مدار دائرى تقريبًا، وهى تسير بسرعة عظيمة فى فضاء خال من الهواء. وتبعد الأرض عن الشمس فى حركتها هذه بنحو ١٥٠,٠٠٠,٠٠٠ ك.م. ويؤخذ هذا البعد على اعتبار أنه وحدة فلكية واحدة. أما الكواكب الثمانية الكبرى، وعدد كبير آخر من الكواكب الصغرى - الكويكبات - فإنها تتحرك فى نفس مستوى مدار الأرض. ويبين لنا (الشكل ٢) مقارنة لأبعاد الكواكب عن الشمس.

وينتهى الفضاء الموجود بين الكواكب عند مدار بلوتو، وبلوتو هذا هو الكوكب الأخير فى المجموعة الشمسية، وتفصل بينه وبين

الشمس مسافة تقدر بنحو ٦,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠ ك.م، وهذا هو الفراغ اللامحدود الذى ستضطر سفن الفضاء إلى عبوره. وسوف تستفيد هذه السفن فى حركتها من جاذبية للشمس، أو ستضطر إلى مقاومتها. كما ستضطر إلى تجنب الاصطدام بالشهب وأسراب الكويكبات السابحة فى الفضاء.

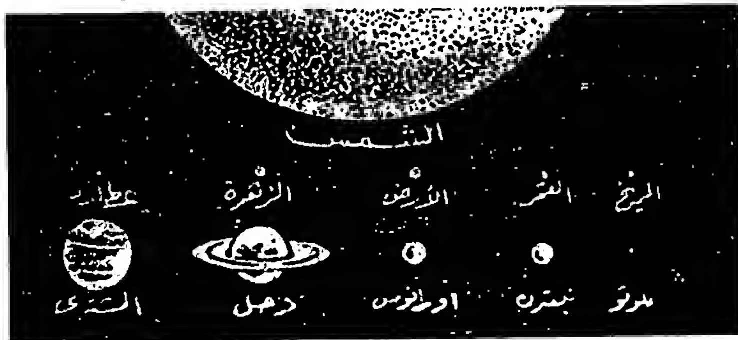


(شكل ١) منظر تخطيطى للمجموعة الشمسية

لكن ما الذى يمنعنا من البدء بإطلاق صاروخ فى الفضاء؟

إن العقبة الكبرى هى قوة الجاذبية، فكل شيء موجود على سطح الأرض مجذوب إلى مركزها، وليست هذه هى حال الأرض وحدها، بل إن كل الأجسام، من حبة الرمل الصغيرة، إلى النجم الهائل، له قوة الجاذبية هذه. فكل الأشياء التى تحيط بنا يجذب بعضها بعضا. ونحن لا نشعر بذلك، لأن قوة الجذب فيها ضعيفة جدًا، ونحن نشعر من ناحية أخرى بالجاذبية الأرضية على الدوام.

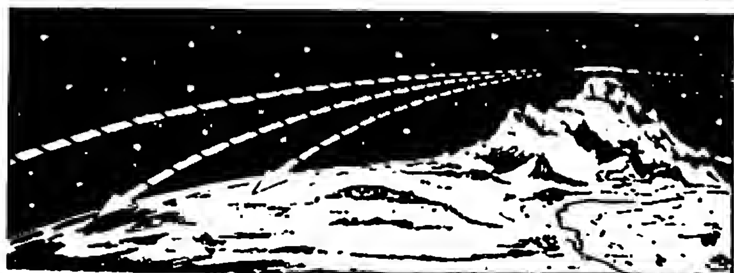
ولولا الجاذبية هذه، لما بقى شيء على سطح الأرض. إذ بدونها لطار كل شيء وانطلق فى الفضاء. كما أن الأرض ستنطلق بعيدًا عن الشمس، ويبتعد القمر عن الأرض. ونظرًا لأن هذه القوة حقيقة لها وجودها الفعلى، فإنها تعقِّد مشكلة السفر بين الكواكب.



(شكل ٢) رسم يقارن بين أبعاد الكواكب عن الشمس

هل من الممكن أن يترك صاروخ الأرض ولا يعود إليها أبدًا؟

نعم من الممكن ذلك. ولنتخيل أن هناك قاعدة بنيت فوق جبل عال، حيث لن يعد الهواء عقبة تحول دون طيران الصاروخ، وإذا افترضنا أن صاروخا أطلق من هذه القاعدة بسرعة معينة، فإنه سيتبع مسارًا منحدرًا، ويسقط على بعد معين من الجبل، وإذا افترضنا أن قوة الوقود التى تدفع الصاروخ وسرعته قد ضوعفتا، فإنه سيطير إلى مسافة أبعد، كما أن مساره سيكون بالتالى أقل انحدارًا. وهكذا يمكن زيادة سرعة الصاروخ حتى تصبح درجة انحدار مساره هى نفس درجة انحدار سطح الأرض. وإذا ما بلغ الصاروخ هذه الدرجة فإنه يستطيع حينئذ أن يدور حول الأرض ويطوف حولها مرة بعد أخرى. وبهذه الطريقة يصبح الصاروخ تابعًا للأرض، وسيكون مثل القمر، ولن يسقط أبدًا على سطحها.



(شكل ٣) كلما زادت سرعة الصاروخ ازداد مدى طيرانه ونقص منحنى مساره. وإذا وصل إلى السرعة الدائرية (يمثلها المدار الأعلى) يتحول الصاروخ إلى تابع للأرض ويسير فى مسار مواز لسطح الأرض.

وإن أقل سرعة يمكن بها لجسم من الأجسام أن يـدور حـول الأرض دون أن يسقط تسمى بالسرعة الأولى للسفر عبر الفضاء، أو السرعة الدائرية.

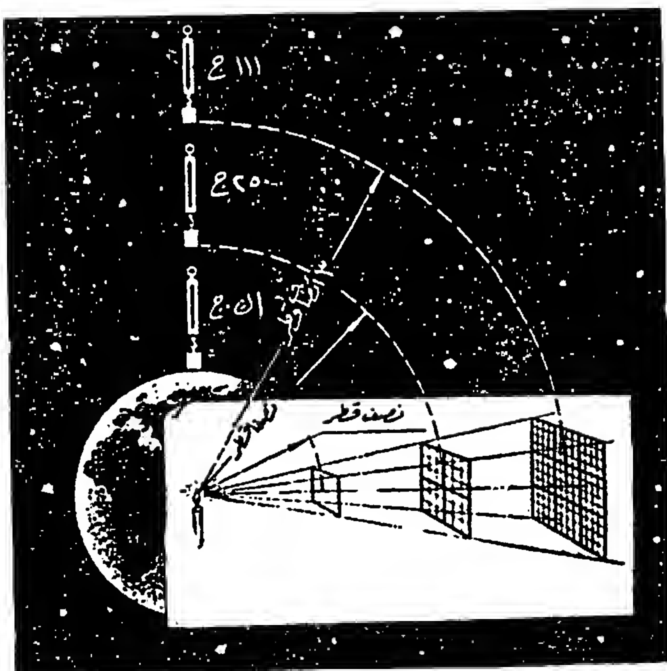
ولكن لماذا لا يسقط جسم يتحرك بمثل هـذه الـسرعة علـى الأرض؟ لنفترض أن طائرة تطير حول الأرض على طـول خـط الإستواء أو خط الزوال. فإن هذه الطائرة تقع تحت تأثير قوة طـرد مركزية، وتزداد هذه القوة بزيادة سرعة الطائرة. وتقاوم هذه القـوة جذب الجاذبية، وتحاول رفع الطائرة بعيدًا عـن الأرض. ولا يمكـن ملاحظة هذه القوة بوضوح فى السرعات البطيئة.

ولكن حينما تصل السرعة إلى ٧,٩ ك.م فى الثانية، فإن قـوة الطرد المركزية تساوى حينئذ قوة الجاذبية وتفقدها غلبتها. وهذه هى ما نسميها بالسرعة الأولى للسفر عبر الفضاء. ولولا مقاومة الهـواء لتمكنت الطائرة التى تطير بمثل هذه السرعة أن تدور حـول الأرض لمدة غير محدودة، ويكون لها نفس كمية الحركـة. وبهـذا تـصبح الطائرة كوكبًا صناعيًا تابعًا للأرض.

وما السرعة التى يجب أن يسير عليها جسم من الأجسام حتى يتغلب على جاذبية الأرض، وينطلق فى الفضاء؟

لكى نجيب عن هذا السؤال لابد لنا أن نعرف شيئًا ما عن الجاذبية.

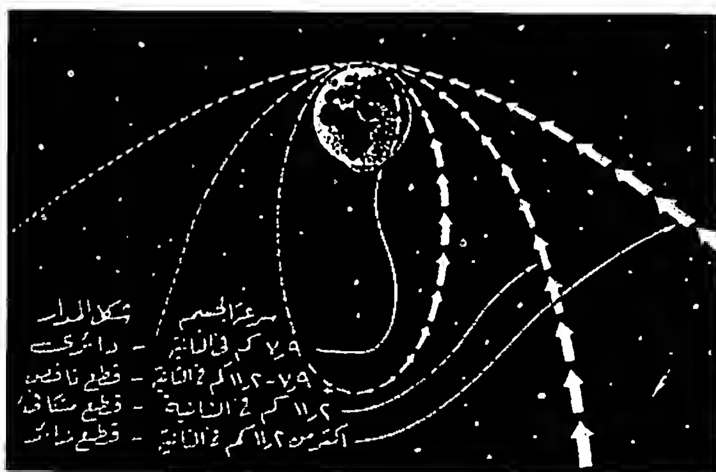
تقل قوة جذب الجاذبية الأرضية كلما ابتعد الإنسان عن مركزها، وهذه هى الحال بالنسبة للأجرام السماوية الأخرى. وتقل هذه القوة بنفس النسبة التى يخف فيها لمعان جسم من الأجسام كلما ابتعد عن مصدر الضوء الذى يسقط عليه، أى يتناسب تناسبًا عكسيًا مع الجذر التربيعى للمسافة. أو بعبارة أخرى تخف نسبة قوة جذب الجاذبية بمقدار يساوى عامل العدد ٤، إذا كان الجسم على بعد ضعف هذا العدد، أو تخف بنسبة عامل العدد ٩، إذا كان الجسم على بعد يساوى هذا العدد ثلاث مرات.



(شكل ٤) تقل قوة جذب الجاذبية الأرضية بنفس المعدل الذى تخف فيه درجة لمعان الأشياء كلما ابتعدت عن مصدر الضوء الساقط عليها.

وكى نخلِّص جسمًا من الأجسام من مجال جاذبية أحد الكواكب فلابد من أن نبذل نفس كمية الجهد التى يجب بذلها إذا أردنا أن نرفع الجسم إلى ارتفاع مساوٍ لنصف قطر الكوكب.

هذا على فرض أن قوة الجاذبية لا تتغير كلما ابتعد الجسم عن مركز الكوكب، ويمكننا أن نحقق ذلك إذا ما اكتسب الجسم بالقرب من سطح الأرض سرعة معينة. والجسم الذى يسير بمثل هذه السرعة سيتخذ لنفسه مسارًا على شكل قطع متكافئ (شكل ٥)، وهذا هو الأصل الذى اشتق منه اصطلاح سرعة القطع المتكافئ، والتى تعرف أيضًا باسم السرعة الثانية للسفر عبر الفضاء، أو "سرعة الإفلات". وسرعة الأرض عند سطحها تساوى ١١,٢ كيلو متر فى الثانية.



(شكل ٥) رسم يوضح المسارات التى ستتبعها سفن الفضاء

وإذا كانت السرعة التى يكتسبها جسم من الأجسام تفوق السرعة الدائرية، وأقل من السرعة التى تدفعه وتحركه فى مدار قطع متكافئ، فإن الجسم فى هذه الحالة يسير فى مدار على شكل القطع الناقص. أما إذا ما تجاوزت سرعة الجسم السرعة التى تدفعه إلى الحركة فى شكل قطع متكافئ فإن الجسم يسير فى مدار على شكل القطع الزائد. (انظر شكل ٥).

ولقد افترضت فى حديثى أن الجسم خاضع فقط للجاذبية الأرضية، وهدفى من ذلك هو تبسيط عملية حساب حركة الجسم، بينما يقع الجسم فى واقع الأمر تحت تأثير مجال جاذبية الشمس كذلك، وتبين لنا بعض العمليات الحسابية أن الجسم لكى يتحرر من مجال جاذبية الشمس والأرض، فلابد وأن يتحرك فى سرعة لا تقل عن ١٦,٧ كيلو متر فى الثانية. وهذه هى السرعة التى تسمى بالسرعة الثالثة للسفر عبر الفضاء.

ومهمة علم السفر عبر الفضاء هى أن يهىء لنا الفرصة لتحقيق السرعة الأولى والثانية والثالثة للسفر عبر الفضاء.

٢- الصاروخ باعتباره مثالاً لسفينة الفضاء

من الأمور المتفق عليها بوجه عام، أن أى سفينة من سفن الفضاء التى سنبنيها فى المستقبل، ستعتمد على الصواريخ لدفعها. إذ ستندفع هذه السفينة إلى الفضاء بقوة دفع الغازات التى تنطلق من الصاروخ. ويعتبر السفر بالصاروخ من الوسائل المأمونة العواقب للغاية. وذلك لأن الصاروخ يكتسب كمية حركته بالتدريج. وهذا ما يميزه عن قذيفة المدفع. ويفسر لنا ذلك لماذا ستكون عملية الجذب التى يشعر بها الإنسان وقت الانطلاق ضعيفة لدرجة كبيرة. بحيث إنها لن تسبب أى أذى لركابها المسافرين عبر الفضاء.

ويلاحظ أن سفينة الفضاء لن تعترضها مقاومة عنيفة من الهواء. كما أن الحرارة الناتجة عن الاحتكاك ستكون ضعيفة لدرجة لا يؤبه لها. والسبب فى ذلك هو؛ أن سرعة سفينة الفضاء المندفعة بقوة دفع الصاروخ داخل الغلاف الغازى، ستكون بطيئة نسبيًا.

وسوف يتمكن كذلك ركاب سفينة الفضاء من استخدام محـرك الصاروخ للتحكم فى حركة سفينة الفضاء، وذلك بـأن يزيـدوا مـن سرعتها فى الفضاء، أو يقللوا منها، أو يغيروا من اتجاه الطيران إذا اقتضت الضرورة.

ولكن ما الفكرة الأساسية التى تقوم عليها حركة الصاروخ؟

من المعروف أن حامل البندقية حينما يطلق بندقيته، فإنه يرتد إلى الوراء. ويرجع ذلك إلى ضغط الغازات المتولّدة عـن احتـراق المادة المتفجرة. فالغازات تضغط فـى اتجـاهين متـضادين بقـوة متساوية، تجاه القذيفة وتجاه البندقية. إلا أن البندقية ترتد إلى الـوراء قليلا، لأن كتلتها أكبر بكثير من كتلة القذيفة. ويحدث هذا وفقًا لأحـد القوانين الرئيسية فى الميكانيكا، وهو القانون الآتى: "لكل فعل لابـد وأن يكون له رد فعل مضاد ومساو له" : وتعرف الحركة الناتجة عن الفعل باسم الحركة الإرجاعية.

والصاروخ الذى يستخدم باعتباره محركًا لسفينة الفضاء، لابد وأن يكون من نوع خاص. إذ إنه لن يكون من نوع الصاروخ المعبأ بالبارود، والذى يطلق عادة فى الأعياد. وذلك لأن عمليـة احتـراق الغازات تولّد بداخله ضغطًا عاليا جدًا، ولابد وأن يكـون الـصاروخ

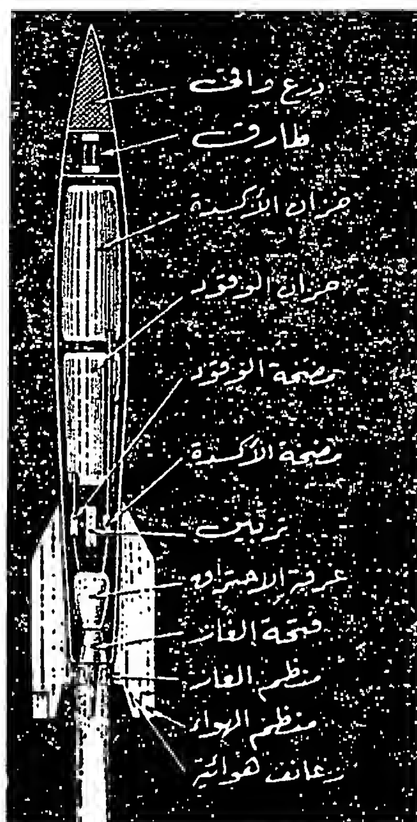
قوى البنيان، حتى يتحمل مثل هذا الضغط، وبالتالى سيكون وزنه كبيرًا جدًا. وزيادة على ذلك فإنه من المستحيل تنظيم عملية استنفاد البارود أثناء الطيران، تمامًا كما يستحيل علينا أن ننظم احتراق لهيب الشمعة. فمن المستحيل مثلا أن يوقف الإنسان عملية احتراق البارود، حتى يتمكن من أن يوقف المحرك إذا لزم الأمر.

وتستخدم الآن على نطاق واسع الصواريخ التى تزوَّد بوقود سائل، وهذا النوع من الصواريخ يفضل تمامًا عن الصواريخ المعبأة بالبارود فى هذا الغرض بالذات.

ويبين لنا (الشكل ٦) صورة لصاروخ مزود بوقود سائل. ويوجد لهذا الصاروخ خزانان. ويحتوى أحد الخزانين على مادة دافعة (مثل الكحول الإيثلى)، ويحتوى الآخر على مادة مؤكسدة (مثل سائل الأكسجين مثلا).

وتوجد بالصاروخ مضختان يتحكم فيهما توربين. وينتقل كل من الوقود السائل، والسائل المؤكسد من المضختين ويلتقيان فى غرفة خاصة، وتحدث حينئذ بداخل الغرفة عملية تفاعل كيميائية، (أى احتراق الوقود السائل). وتخرج الغازات المتولدة عن عملية

الاحتراق من غرفة الاحتراق. وتتسبب هذه العملية فى حدوث ارتداد من شأنه أن يدفع الصاروخ إلى الأمام.



(شكل ٦) الصاروخ المزود بوقود سائل

وتستخدم كل من الصواريخ المعبأة بالمواد المتفجرة أو بالوقود السائل زعانف هوائية، ومنظمات للغاز والهواء وتعتمد الصواريخ على هذه الزعانف والمنظمات لضمان انتظام وثبات طيرانها.

إلا أن هذه الزعانف والمنظمات تصبح عديمة الفائدة حالما يخرج الصاروخ عن نطاق الغلاف الغازى المحيط بالكرة الأرضية وينتقل إلى الفضاء. ولكن ماذا على ركاب سفينة الفضاء أن يفعلوا لو انحرف الصاروخ عن طريقه. هذه هى المشكلة التى قام العالم ك.أ.تسيولكوفسكى بحلها. إذ اقترح وضع منظمات فى طريق انطلاق الغاز من فتحته، وبذلك يتيسر تغير اتجاه طيران الصاروخ فى الفضاء.

وما العوامل التى تتوقف عليها سرعة الصاروخ فى سفره؟

تتوقف السرعة التى يمكن أن يسير بها الصاروخ فى الفضاء، بعد أن يترك مجالات تأثير الجاذبية، على السرعة التى تخرج بها الغازات من فتحتها، كما تتوقف على كمية الوقود المستهلكة . وتستخدم لهذا الغرض أنواع معينة من الوقود الذى يولد أعظم قدر ممكن لسرعة العادم. ومن بين هذه الأنواع الأكسجين والهيدروجين مثلا. ويلاحظ مع ذلك أن الهيدروجين خفيف الوزن جدا، حتى ولو كان مكثفا على شكل سائل. كما يستلزم خزانات واسعة على عكس

المواد الدافعة الأخرى. وزيادة على ذلك فإن درجة غليانه هى ٢٥٣ سنتجراد، ويستخدم كذلك حامض النتريك والهيدرازين (وهو مركب كيميائى من الآزوت والهيدروجين)، لميزاتها الاقتصادية عن غيرهما. كما أن هذين السائلين من السهل تحضيرهما، ويمكن حفظهما فى خزانات صغيرة، وهناك أنواع أخرى من المواد الدافعة للصواريخ التى تسير بالوقود السائل. ومن هذه الأنواع الكيروسين والبنزين وزيت التربنتينة وزيت البرافين وغيرها. وتستخدم معها مواد مؤكسدة مثل حامض البيروكلوريد والهيدروجين والبيروكسين.

وتولد المواد الدافعة الكيميائية الحرارية، أو المواد الدافعة العادية، عادمًا يخرج بسرعة تقرب من ٢,٥ ك.م فى الثانية. وهناك بوادر تدعو إلى الاعتقاد بإمكانية زيادة هذه السرعة إلى ٤ ك.م فى الثانية. وإذا تمكنا من الوصول إلى هذه السرعة، فإن ذلك من شأنه أن يبسط مشكلة بناء سفينة الفضاء.

وهناك طريقة أخرى يمكن استخدامها لزيادة سرعة الصاروخ وزيادة مداه. وذلك بدفعه بواسطة صاروخ آخر مساعد، وحينما يستنفد الصاروخ المساعد كل وقوده، فإنه ينفصل عن الصاروخ الأصلى من تلقاء نفسه، وتتم عملية النزول بواسطة مظلة (براشوت). وينطلق الصاروخ الرئيسى بعد أن تنتهى مهمة

الصاروخ المساعد. وذلك بعد أن يبلغ ارتفاعًا معينًا وسرعة محدودة، وبهذا يستطيع الصاروخ الارتفاع إلى مسافة أبعد من الصاروخ العادى. ويعرف الصاروخ من هذا النوع باسم الصاروخ الذى يندفع على مراحل. (انظر شكل ٧). ومع زيادة عدد المراحل أو (المضاعفات) تزداد كل من سرْعة الصاروخ ومداه.



(شكل ٧) صاروخ ذو مرحلتين

وقد أجريت فى السنين القليلة الماضية تجارب أثبتت أن الصاروخ المضاعف، المعبأ بالمواد المتفجرة، يمتاز بأنه اقتصادى لحد كبير. وذلك لأن دفعة هذا الصاروخ هائلة جدا، إذا ما قورنت بوزنه. ومن المحتمل أن يستخدم هذا النوع من الصواريخ فى عملية القذف الأولية لسفينة الفضاء.

ولزيادة سرعة العادم أكثر من ذلك، يستحسن استخدام مواد دافعة نووية، بدلا من المواد الدافعة العادية.

ولكن ما المادة الدافعة النووية؟ ولماذا تفضل على المواد الدافعة العادية؟

لقد نجحت العلوم الطبيعية فى تحويل عدد من العناصر الكيميائية إلى عناصر أخرى. ولقد صاحب هذه العمليه، فى حالة معينة، انطلاق طاقة ذرية. وتعرف كل مادة تولد مثل هذه الطاقة باسم مادة دافعة نووية. وتحتوى كمية صغيرة من هذه المادة على قدر هائل جدا من الطاقة.

وتتميز عملية انطلاق الطاقة الذرية بسرعتها الهائلة. ولكن ليس معنى هذا أنه من الصعب التحكم فيها.

ويمكن استخدام الطاقة الذرية لتحويل سوائل معينة (مثل سائل الهيدروجين أو الهليوم)، إلى غاز، ثم تطرد خارج الصاروخ.

وتسمى المادة الدافعة النووية التى هى علـــى هيئـــة غـــاز أو سائل، باسم "الوقود الذرى".

وجدير بنا أن نذكر أن الاصطلاحين: المادة الدافعة النوويـــة، والوقود الذرى، إنما نستخدمهما هنا فقط حسب الاصطلاح المتبـــع، وذلك لأنه ليس هناك أى تشابه بين عملية انطـــلاق الطاقـــة الذريـــة وتحولها إلى جسم خامد، وبين عملية الاحتراق كما هى معروفة لنا.

وسوف تخرج الغازات، فى الصاروخ الذرى، من فتحة الغاز بسرعة تقدر بعشرات الكيلو مترات فى الثانية. وكلما زادت ســـرعة العادم، كلما قلت كمية الوقود اللازم للسفر بين الكواكب. وهذه ميـــزة ضخمة يتميز بها الصاروخ الذرى.

والطريقة التى يعمل بها الصاروخ الـــذرى كـــالآتى: ينتقـــل الهيدروجين السائل، أو أى سائل آخر، إلى غرفة صغيرة تشبه غرفة الاحتراق فى الصاروخ الذى يسير بالوقود السائل. وحينمـــا تنطلـــق الطاقة الذرية، فإنها ترفع فى الحال من درجة حـــرارة الهيـــدروجين إلى درجة عالية للغاية.

وفى هذه الحالة يتحول الهيدروجين إلى غاز، وينطلق من غرفة الاحتراق تحت ضغط هائل.

وعلى الرغم من أن الصاروخ الذى لا يختلف فى فكرته الأساسية عن الأنواع العادية من الصواريخ، فإن هناك عددا من المصاعب الفنية التى تحول دون بنائه. وأولى هذه المصاعب هو الحاجة إلى تخفيض درجات الحرارة العالية جدا، ودرجات الضغوط المرتفعة للغاية، التى تتولد داخل الصاروخ الذرى، وذلك لأن ليس ثمة معدن يمكنه تحمل هذه الدرجات. وثانية هذه المصاعب، أنه لابد من اتخاذ إجراءات لحماية المسافرين إلى الفضاء من الإشعاعات الذرية التى تنطلق فى نفس الوقت على صورة طاقة ذرية. ولعلاج هذه المشكلة بنجاح، لابد من اختراع مادة تمتص مثل هذه الإشعاعات، ولابد كذلك أن تكون هذه المادة خفيفة الوزن، لأن الوزن الزائد على الحد سيتسبب فى خفض مدى الصاروخ لدرجة كبيرة.

٣- تصميم سفينة الفضاء

يتوقف تصميم سفينة الفضاء إلى حد كبير على الغرض المقصود من ورائها. فالصاروخ الذى يوضع تصميمه بحيث يستقر على القمر، سيختلف فى نواح كثيرة عن الصاروخ الذى يعد لكى يحلق حول القمر دون أن يهبط عليه، كما أن سفينة الفضاء التى تعد للسفر من الأرض إلى المريخ، ستختلف عن السفينة التى يوضع تصميمها بحيث تطير وتصل إلى الزهرة. وكذلك سيكون هناك فارق كبير بين صاروخ يستخدم وقودًا حراريًا كيمائيًا، وسفينة فضاء تسير بالذرة.

وهناك أوجه شبه كبيرة بين سفينة الفضاء والغواصة من حيث إن بحارة كل منهما سيكونون معزولين تمامًا عن العالم الخارجى. كما أن تركيب الهواء وضغطه ودرجة الحرارة والرطوبة داخل الصاروخ سيتحكم فيها جهاز خاص. ولكن هناك ميزة كبرى ستتميز بها سفينة الفضاء. إذ إن نسبة الفرق بين الضغط الخارجى والداخلى

لسفينة الفضاء سيكون أقل منه بالنسبة للغواصة، وكلما كان هذا الفارق أقل، كلما ساعد على أن يكون غلافها أرقّ.

وسوف تتمكن سفينة الفضاء من استخدام أشعة الشمس في أغراض خاصة بالإضاءة والتسخين. كما أن غلافها الخارجى سيكون بمثابة درع تحول دون نفاذ أشعة الشمس فوق البنفسجية التى تؤذى الجهاز العضوى الإنسانى.

وسوف يكون لسفينة الفضاء غلاف مزدوج، وذلك لضمان حمايتها من أثر الاصطدامات مع الشهب.

وسفينة الفضاء التى سيوضع تصميمها كى تسافر إلى قمر صناعى تابع للأرض، وتستخدم وقودًا من النوع الحرارى الكيميائى، هذه السفينة ستصنع على نفس النمط الذى يصنع به الصاروخ ذو المراحل، كما ستكون فى حجم الطائرة.

ويقدر وزن سفينة الفضاء. قبل انطلاقها بعدة مئات من الأطنان، وسيكون وزن القناع الأمامى فيها ١% من وزنها الكلى، وستصنع المراحل بحيث يمكن تركيبها على بعضها تركيبًا محكمًا. كما سيُصنع هيكل مخطط بخطوط انسيابية، وتغلف به المراحل. وفائدة هذه الخطوط تقليل مقاومة الهواء فى أثناء طيران السفينة

داخل الغلاف الغازى. وقد تجهز فى مقدمة السفينة غرفة صغيرة نسبيا للبحارة، وغرفة لبقية القناع الأمامى.

ونظرا لأن ملاحى هذه السفينة لن يسكنوا فيها سوى فترة قصيرة (أقل من نصف ساعة)، فلا داعى لتجهيزها بأثاث معقد.

سينطلق الصاروخ فى الوقت المحدد له بواسطة طارق أوتوماتيكى، ولابد من تجهيز الصاروخ ببعض الأجهزة الأوتوماتيكية، التى تستخدم لتوجيهه فى الطيران، أو لاتخاذ أى إجراءات أخرى تقتضيها الضرورة، أما عن المراحل الزائدة (الصواريخ الزائدة المركبة لمضاعفة الحركة)، فتعود إلى الأرض، بعد أن تستنفد غرضها، وترجع هذه الزوائد إلى الأرض، إما بواسطة مظلة، أو بواسطة أجنحة قابلة للانكماش، وتمتد وقت النزول، وتحوّل الصواريخ إلى نوع من الأسهم التى تسير بدون محرك.

وثمة تصميم آخر لسفينة الفضاء، وهو الموضح بالشكل رقم ٩ ويوجد بوسط الشكل. وينطلق هذا النوع من سفن الفضاء من فوق كوكب صناعى، ليقطع رحلته إلى القمر.

والغرض الذى أعدت من أجله هذه السفينة، هو القيام بدراسة مطوّلة لسطح القمر، دون الحاجة إلى الهبوط عليه. وبعد أن تنتهى

سفينة الفضاء من رحلتها، فإنها تعود مباشرة إلى الأرض. ويتضح من الرسم أن أجزاءها الرئيسية عبارة عن صاروخين مزدوجين، وثلاثة أزواج من الخزانات الأسطوانية، تحتوى على مادة دافعة ومادة مؤكسدة. ومن بين الأجزاء الرئيسية كذلك سهمان من الأسهم التى تنساب فى الهواء، ولهما أجنحة قابلة للانكماش، تساعدها على الهبوط على الأرض. وليس من الضرورى أن تخطط سفينة الفضاء بخطوط انسيابية، وذلك لأنها ستنطلق من فوق قاعدة بعيدة عن طبقات الجو العليا.

ويتم إعداد السفينة على المراحل الآتية:

تبنى السفينة أولا، وتختبر على سطح الأرض. تنقل بعد ذلك إلى محطة موجودة فى الفضاء بين الكواكب، ويرسل الوقود والأجهزة والطعام والأكسجين إليها، كل على حدة.

وبعد أن يتم إعداد وتجهيز السفينة فى محطة الفضاء، تبدأ رحلتها إلى الفضاء. وفى أثناء انطلاقها، ستستمر عملية تزويد المادة الدافعة والمؤكسدة الموجودتين فى المحرك عن طريق الخزانات الأسطوانية الرئيسية. وهذه الخزانات فى الواقع هى الغرف الرئيسية فى سفينة الفضاء التى ستملؤ مؤقتا بالوقود. ولذلك سيعانى بحارة

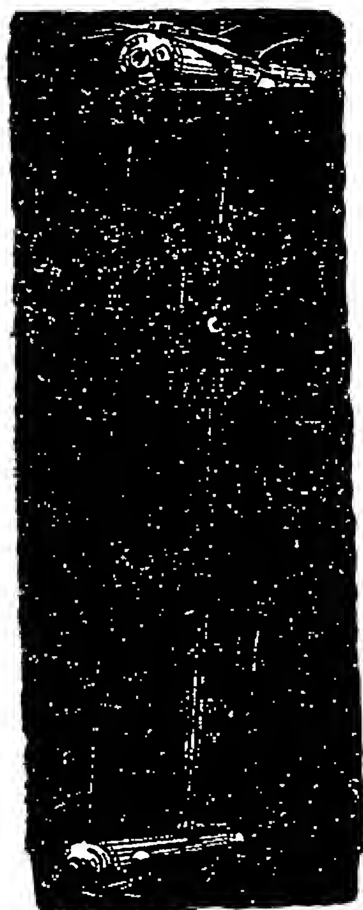
السفينة بعض الضيق من جراء انتظارهم فى غرفة السهم المعد للهبوط، حتى يتم تفريغ الغرف الرئيسية، أى بعد بضع دقائق بعد انطلاق الصاروخ.

أما عن الوقود الباقى فإنه سيتبخر فى الحال. بعد أن يفتح صمام صغير يصل بين الخزانات والفضاء. وهنا يدفع الهواء إلى داخل الخزانات بواسطة مضخات، ويمكث فيها المسافرون عبر الفضاء حتى نهاية رحلتهم.

وحينما تصل سفينة الفضاء إلى بعد معين بالنسبة للقمر، فإنها ستتحول إلى تابع له. وهنا تستخدم السفينة المادة الدافعة والمادة المؤكسدة، الموجودتين فى الخزانات الجانبية بمؤخرة السفينة فتساعدها على الدوران حول القمر. وبعد أن يستنفد الوقود، تنفصل الخزانات عن السفينة.

ولن يحاول المسافرون تشغيل المحركات مرة أخرى، حتى يأتى الوقت المحدد للعودة من رحلتهم. وستزود المحركات بوقود من الخزانات الجانبية الموجودة فى المقدمة.

وقبل أن تدخل السفينة الفراغ الغازى المحيط بالأرض، سينتقل البحارة إلى الخلف، حيث يوجد سهم فراغى، وفى هذا الوقت سينفصل هذا السهم عن السفينة ويدور حول الأرض.



(شكل ٨) إيجاد جاذبية صناعية لسفينة الفضاء

وسوف يستخدم المسافرون الأجنحة القابلة للانكماش المثبتة في السهم لضمان سلامة الهبوط على الأرض.

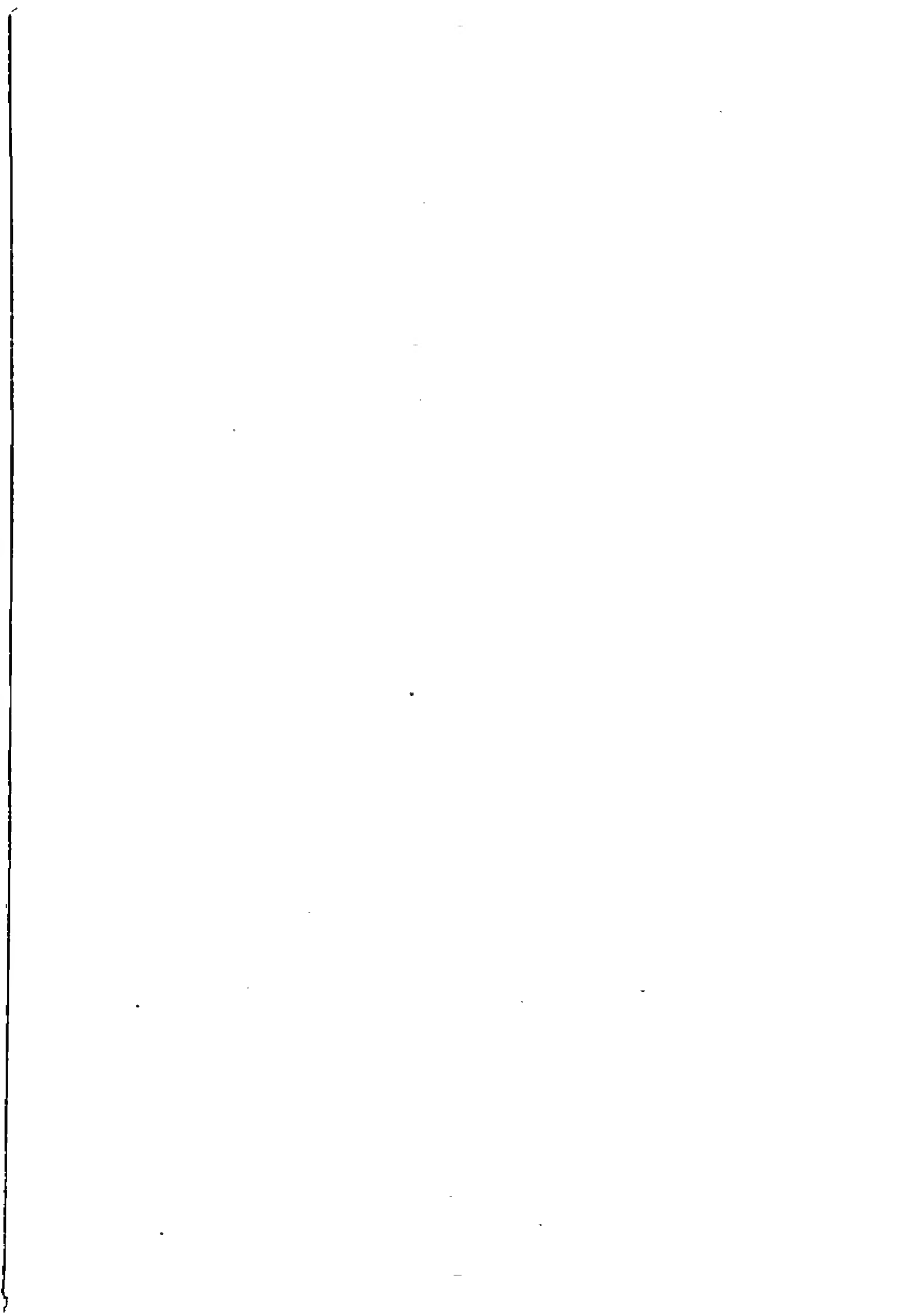
وحينما تتوقف المحركات عن الدوران، سيفقد الناس والأجنحة الداخلية الموجودون داخل الصاروخ، سيفقدون جميعًا، ثقلهم. وتمثل هذه الحالة عقبة كبيرة تحول دون الهبوط. لهذا يجب على واضعي تصميم السفينة أن ينشئوا جاذبية صناعية على ظهر السفينة للتغلب على هذه العقبة.

ولقد صممت سفينة الفضاء الموضحة بالشكل ١ وفقا لهذا المبدأ.

ويوجد لهذه السفينة قطاعان ينطلقان في البداية وكأنهما جزء واحد، ولكنهما سينفصلان عن بعضهما فيما بعد مع ارتباطهما بواسطة كابلات. وهنا ستدفعهم محركات ضعيفة القوة إلى الدوران حول مركز مشترك للجاذبية (شكل ٨).

وبعد أن يبلغ هذان القطاعان السرعة اللازمة لدورانهما حول بعضهما، ستنفصل المحركات، ويستمر الدوران حسب كمية حركاتها الذاتية. ويرى تسيولكوفسكي أن قوة الطرد المركزية ستحل محل قوة الجاذبية.

حول سفينة الفضاء



١- الرحيل

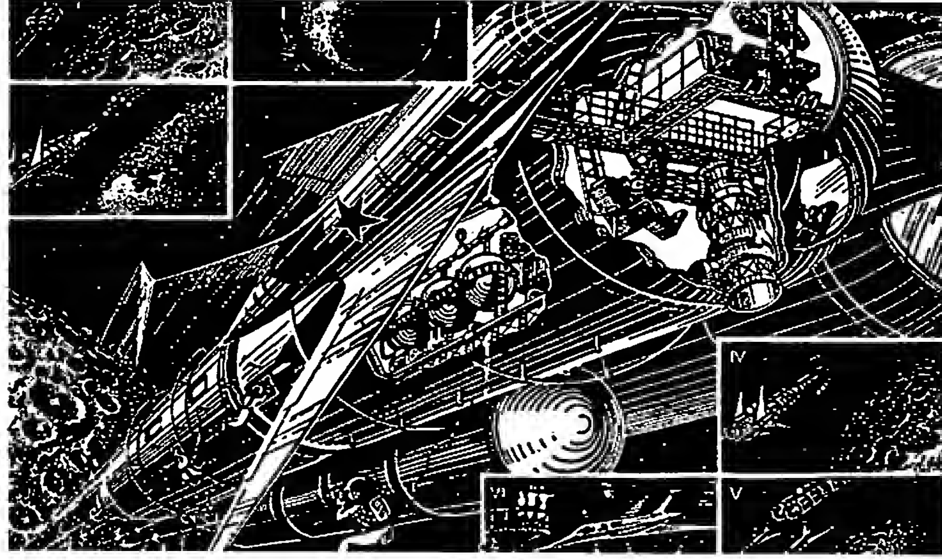
تستمر السيارة، أو القطار، أو المركب الشراعى، فى حركتـــه طالما أن هناك آلة أو ريحا تستمر فى دفعه. ولكن إذا مـــا توقفـــت الآلة، أو طوى الشراع، فلن تكون هناك حركة.

حقا إنها تقف مرة واحدة، ولكنها ستواصل الحركة بدافع كمية حركتها الذاتية لفترة من الوقت. لكنها مع ذلك لا يمكنهـــا أن تـــسير مسافة طويلة، طالما أن كمية الطاقة المتجمعة ستتعادل فـــى الحـــال، بفعل الاحتكاك ومقاومة الهواء.

لكن الموقف يختلف تمامًـــا بالنـــسبة لـــسفينة الفـــضاء، إذ إن محركاتها ستزودها فى دقائق معـــدودة بـــسرعة ضـــخمة، كمـــا أن الصاروخ سيتكفل بدفعها الجزء الباقى لتكملة رحلتها بـــدافع كميـــة حركته الذاتية. ويساعد على ذلك أن الفضاء له يكون بـــه احتكـــاك أو مقاومة للهواء حتى يعوقها.

وإذا تمكن الصاروخ من بلوغ السرعة اللازمة لمواصلة رحلته فى الحال، فيمكن حينئذ توفير قدر ضخم من الوقود. وسيتمكن الصاروخ من مواصلة السير فى طريقه بقوة دفع كمية حركته الذاتية. إلا أن هذه العملية تعتبر من الأمور المستحيلة من الناحية التطبيقية. وذلك لأن الصاروخ لا يكتسب سرعته إلا بالتدريج مع احتراق الوقود. يضاف إلى هذا أن السرعة المبدئية، يجب ألا تكون أكبر مما يمكن أن يتحمله الجهاز العضوى الإنسانى.

غالبًا ما نرى على أغلفة الكتب، التى تعالج مسألة السفر بين الكواكب، صورة لسفينة الفضاء، وهى تطير فى خط مستقيم بين الأرض والقمر، وتبين الصورة السفينة وكأنها قطعت نصف المسافة، أو قد تصورها وكأنها اقتربت من هدفها وما زالت محركاتها تدور. هذا المفيوم خاطئ من أساسه. إذ أن مسار سفينة الفضاء، لن يكون عبارة عن خط مستقيم على الإطلاق، كما أن محركاتها لابد وأن تتوقف بعد رحيلها ببضع دقائق، أى بعد أن تترك الأرض بمسافة قصيرة، وهذه هى الطريقة الوحيدة التى يمكن بها لسفينة الفضاء أن تقتصد قدرًا كافيًا من الوقود كى تعتمد عليه فى العودة من رحلتها.



(شكل ٩) في الوسط: سفينة فضاء وضع تصميمها للقيام برحلة حول القمر. ١- الرحيل على ظهر كوكب صناعى تابع للأرض. ٢- سفينة الفضاء بعد أن أصبحت تابعًا للقمر. ٣- مسار السفينة حول القمر. ٤- سفينة الفضاء تشق طريقها بعيدا عن القمر. ٥- انفصال الأسهم الهابطة من سفينة الفضاء عند اقتراب السفينة من الأرض. ٦- الأسهم تهبط على الارض.

وسوف يتوقف نجاح الطيران إلى حد كبير على اختيار المسار الصحيح. ويلاحظ أن المسارات التى تحتاج إلى استنفاد أقل قدر ممكن من الوقود. معقدة جدًا، إذ لابد أن يغير الصاروخ اتجاهه وعجلته على الدوام، ولو اخترنا مسارًا مبسطًا (ليكن مسارًا رأسيًا مثلا)، فإن الوقود المستهلك سيتضاعف قدره عدة مرات.

ومن الأمور المهمة للغاية، لضمان نجاح الرحلة، توقيت الرحيل. وسبب ذلك أن الأرض، أو الجرم السماوى الذى ستسافر إليه سفينة الفضاء، ليسا فى حالة توقف وسط الفضاء.

٢- الطيران

حينما تتوقف المحركات عن الدوران ستتكفل سفينة الفضاء بقطع المسافة الباقية بين الكوكبين (وهى تعادل أكثر من ٩٩ % من المسافة الكلية) فالصواريخ التى تنطلق من الأرض إلى الأجرام السماوية المجاورة، ستستفيد من حركاتها لقطع المسافة الأولى من رحلتها، وهى نحو ٢,٠٠٠ كيلو متر أو ما يقرب من ذلك. هذا بينما تقدر المسافة بين الأرض والقمر بمئات الآلاف من الكيلو مترات، كما أن المسافة بين الأرض والكواكب تقدر بملايين الكيلو مترات.

إن الشيء الوحيد الذى يتحرك فى خط مستقيم على الأرض، هو القطار فقط، أما بالنسبة لوسائل المواصلات الأخرى، فإنها تنحرف دومًا عن الخط الهندسى لطريقها. ويرجع ذلك، إما إلى عيوب فى الطريق، أو لتأثير الهواء، أو تيارات مائية، كما قد يرجع إلى أن المحركات فى حركتها لا تسير على معدل واحد، أو لأسباب أخرى.

الأمر على العكس من ذلك، بالنسبة للأشياء التى تتحرك فى الفضاء. إذ إن سفينة الفضاء لن تتأثر طوال مسافة سيرها، إلا بجاذبية الشمس فقط، كما أنها ستسير على خط محدد تمامًا، وكأنها تسير على طريق غير مرئى من طرق السكك الحديدية.

قد يبدو أن سفينة الفضاء، إذا ما انحرفت انحرافًا بسيطًا عن مسارها المحدد لها، فلن يكون ذلك مصدر خطر كبيرًا، طالما أن لديها متسعًا من المكان لتجنب الاصطدام بسفن الفضاء الأخرى. ولكن الأمر على العكس من ذلك، فالملاحة فى الفضاء. لابد أن تتم بدقة كبيرة، كما لابد وأن تتوفر اليقظة والحذر، أكثر مما هى الحال بالنسبة للملاحة فى البحر أو الجو. إذ إن أقل انحراف فى السرعة، أو اتجاه سفينة الفضاء قد تنجم عنه نتائج خطيرة، كما يتضح لنا من الأمثلة التالية:

لنفترض أن سفينة الفضاء متجهة إلى القمر، وانطلقت من الأرض بأقل سرعة لها. فإن هذه السفينة ستتوقف عن السير قبل الوصول إلى هدفها بأربعة آلاف كيلو متر. وذلك إذا ما نقصت سرعتها بما يساوى مترا واحدا فى الثانية. وبهذا يمكننا أن نتصور

مدى الصعوبة التى سيواجهها الملاح لتسيير سفينة فضاء، إذا كانت عجلتها نحو ٤ أو ٥ أمتار فى كل ١ من ١٠ من الثانية.

وسوف يزداد الموقف خطورة بصدد السفر إلى الكواكب، إذ لو نقصت سرعة سفينة الفضاء بما يساوى مترًا واحدًا فى الثانية، فإن هذا معناه نقص مدى الصاروخ بما يقدر بعشرات، إن لم يكن مئات الآلاف من الكيلو مترات.

ولنفترض أننا بسبيل الرحيل من الأرض إلى المشترى، فى مسار يقتضى أن تكون أقل سرعة للانطلاق هى ١٤,٢٢٦ متر فى الثانية. لو فرض أن هذه السرعة نقصت بمقدار متر واحد فى الثانية، فمعنى هذا إن سفينة الفضاء ستقف بعيدًا عن هدفها، بمقدار ٤٠٠,٠٠٠ كيلو متر. وإذا انحرفت السفينة بمقدار ٠,١ فى المائة عن هدفها فمعنى هذا أنها انحرفت بما يزيد على خمسة ملايين كيلو متر.

وقد يبتعد الصاروخ عن هدفه بمقدار مليون كيلو متر، إذا ما انحرف عن زاوية انطلاقه بما يعادل ٠,١° درجة.

لذلك يجب على الملاحين أن يكونوا يقظين دائمًا، حتى يتجنبوا الوقوع فى مثل هذه الأخطاء. كما يجب عليهم أن يعدلوا مسار

الصاروخ عن طريق إدارة أو وقف المحرك الموجه ذى القوة الضعيفة.

وكيف يتسنى للمسافرين عبر الفضاء أن يقدّروا المسافة التى قطعوها؟

إذا كانت الرحلة إلى القمر، فيمكن تقدير المسافة عن طريق التحقق من زواية رؤية القمر أو الشمس، إذ كلما قلت الزاوية، كلما زادت المسافة. ويمكن تقدير البعد عن الشمس حسب تغير درجة الحرارة، إذ تستطيع العدادات الحرارية الكهربائية الحديثة، أن تسجل ذبذبات حرارية بمعدل ٠,٠٠٠٠٠١ درجة سنتيجراد. وتساعد هذه الآلات على تقدير البعد عن الشمس فى حدود كيلو مترين أو ثلاثة.

٣- الحياة داخل سفينة الفضاء

منذ أكثر من مائة عام مضت، دخلت إحدى المجلات الإنجليزية فى جدال عنيف مع المخترع الإنجليزى المشهور جورج ستفنسون. زعمت هذه المجلة بأنه ليس ثمة شيء أكثر بطلاناً من الادعاء بأن فى الإمكان بناء قاطرة تسير بسرعة تقدر بضعف سرعة عربة البريد؛ واستمرت المجلة تقول: ومن الغباء الاعتقاد بأن سكان وولويتش سيأمنون على حياتهم ويثقون فى هذه الآلة. إذ إن هذا معناه أنهم سيلقون بأنفسهم للاحتراق داخل صاروخ.

ومن الطريف أن ستيفنسون أطلق على أول قاطرة اسم "صاروخ" ولقد تحرك "الصاروخ" فى السباق الذى تم بعد ذلك بسرعة تعادل أضعاف سرعة عربة البريد، ووصل ركابه إلى هدفهم فى أمن وسلام.

ولا شك فى أن ستيفنسون نفسه كان سيدهش، إذا ما نمى إلى علمه أن الإنسان سيتمكن من السفر داخل صاروخ حقيقى يسير

بسرعة كونية ويتم رحلته فى أمن وسلام، وأن ذلك سيتحقق بعد أن تتهيأ بعض الشروط الضرورية.

ويلاحظ أن كلا من الإنسان وسفينة الفضاء سيتأثران بحالات من الجذب، نتيجة تزايد السرعة، عند انطلاق الصاروخ.

لهذا فإن مدى تحمل الجهاز العضوى للإنسان، هو الذى سيحدد شدة الجذب التى يمكن أن نتجاوز عنها، كما أنه سيحدد بالتالى المدى الذى تزيد السرعة وفقًا له. ويمكن بلوغ السرعات الكونية بعد بضع دقائق، إذا ما زادت عجلة التثاقل إلى أربعة أو خمسة أمثالها.

وتفيدنا الخبرة العملية أن الإنسان قادر على تحمل حالات من الجذب والضغط الكبير. ويتبين لنا ذلك مثلا إذا ما ركب الإنسان عربة تتحرك بسرعة هائلة. ثم تقف فجأة، أو حينما تغطس تحت الماء من فوق ارتفاع معين. كما أن الطيار يواجه حالات من الضغط الشديد، إذا ما أطلقت مركبته الهوائية من فوق قاعدة لإطلاق القذائف والصواريخ، أو حينما يقوم ببعض الألعاب البهلوانية فى الهواء.

ولقد أجريت تجارب خاصة، بهدف زيادة معلوماتنا فى هذا الصدد. وهاك مثال من تلك التجارب: وضع رجل لمدة ست دقائق

داخل مركب تسير فى حركة دورانية. وكان هذا المركب دائرى الشكل، ونصف قطره خمسة أمتار، كما كان يتحرك بسرعة تساوى ١٤ مترا فى الثانية، وروعى أن تكون الظروف الملابسة للتجربة مماثلة لتلك التى سيواجهها الإنسان أثناء السفر بين الكواكب. ولقد نجحت التجربة، ولم يترتب عليها أى أذى للإنسان.

وتبين أن قدرة الجهاز العضوى على التحمل، تتوقف إلى حد كبير على وضع الجسم أثناء الطيران بسرعة متزايدة. وأثبتت التجارب أن الإنسان فى الوضع الانبطاحى أقدر على تحمل حالات الضغط الشديد، مما لو كان متخذا وضع الوقوف أو الجلوس.

ولقد جهزت الصواريخ الآن بوسائد خاصة تتعدل بنفسها، حسب هيئة الجسم حينما تعتريه حالة من الضغط المفرط. والهدف المقصود من ذلك هو زيادة مقاومة الكائن العضوى.

ويجب أن نضع فى اعتبارنا التدريب البدنى، فقد ثبت أن من تدربوا تدريبًا بدنيًا جيدًا يتحملون ضغطا يزيد على وزنهم بمقدار خمس عشرة مرة، وأنهم يستمرون فى ذلك لمدة دقيقتين أو ثلاث دقائق. وتبين حسب وجهة نظر علم وظائف الأعضاء، أن هذه القدرة

من التحمل، لا تكفى فقط للسير عبر الفضاء الموجود بين الكواكب، بل إلى ما هو أبعد من ذلك.

ومن الطبيعي جدا أن الناس الذين يسافرون في صاروخ يتحرك عبر الفضاء، بقوة دفع كمية حركته الذاتية، لن يشعروا بأن لهم ثقلاً بالمرة. إذ إن الإحساس بالثقل ناجم عن الضغط الذى يقع على جسم الإنسان، من حامل يحمله (مثل ضغط الأرض، أو السرير أو الكرسى... إلخ). كما أنه نتيجة للضغط المتبادل بين أجزاء الجسم وبعضها بعضًا، ولو فرض أننا انتزعنا هذا الحامل الذى يركن إليه الإنسان، فإن الإحساس بالثقل سينتهى أيضًا.

لنفترض، مثلا أننا بداخل مصعد صمم بطريقة خاصة. وأن هذا المصعد يهبط بنا الآن دون أن يعوقه أى شيء. حينئذ ستهبط كل الأشياء الموجودة بداخل المصعد، بنفس السرعة، ولهذا فلن يكون لأحدنا أى ضغط على الآخر. ولو افترضنا أن شيئًا ما، فى يدك، ثم تركته يسقط، فإنه لن يسقط على أرضية المصعد. والسبب فى ذلك، هو أن هذا الشيء قد فقد ثقله، تمامًا كما فقدت كل الأشياء الأخرى الموجودة داخل المصعد ثقلها بما فيها أنت نفسك.

وهناك مثال آخر. إذا وضعنا ثلاثة قوالب من الطوب فوق بعضها، فإن القالب الأول سيكون له ضغط معين على القالب الموضوع في الوسط، بينما سيكون ضغط القالب الثاني على القالب الثالث ضعف ضغط القالب الأول. ولو تصورنا أننا ألقينا بهذه القوالب الثلاثة، وهى فى نفس الوضع، من النافذة، فإنها لن تضغط على بعضها، إذ لن يكون أى منهم حاملا للآخر.

ونحن على سبيل المثال نشعر بفقدان الثقل على الأرض حينما نترك الحامل الذى يمسكنا ونغطس فى الماء. أو حينما نهبط من الطائرة وننزل على ميل. وإذا قفزت من على ارتفاع وأنت تحمل فى جيبك شيئا له ثقل، فإنك لن تشعر بهذا الثقل إذا كنت تهبط فى مجال ليست فيه مقاومة. ويلاحظ أن الشخص الذى ينزلق على الجليد من فوق جبل مثلا، يشعر بفقدان جزئى للثقل، وهذه هى الحال بالنسبة للشخص الذى يترنح، وخاصة بعد أن يصل إلى أعلى جزء. ومن المعروف كذلك أن الهابطين بالمظلات، والأشخاص الذين يقومون بالألعاب البهلوانية، يحسون بفقدان الثقل، دون أن يفقدوا توازنهم، أو تنظيم حركاتهم.

ويقصد بلفظة "ثقل" بوجه عام فى علم الأسفار عبر الفضاء، القوة التى تحفظ الناس والأجهزة فوق أرضية سفينة الفضاء. وإذا

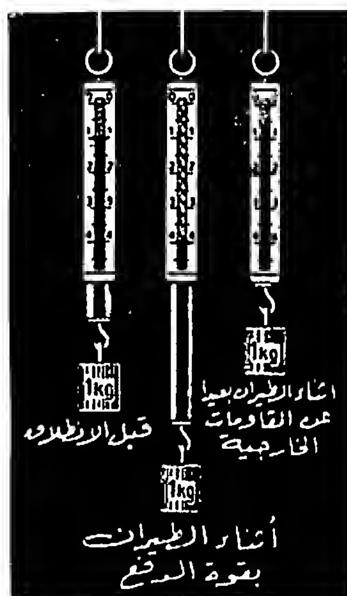
حدث أن انعدمت هذه القوة، فلن يكون هناك أى ضغط متبادل بين الناس والأشياء وبين بعضها بعضًا، وستصبح غير ذات ثقل.

ويقول بعض أولى الشأن بأن ثقل الإنسان، أو الشيء فوق سطح الصاروخ يبدو وكأنه ينخفض ويزداد أثناء الطيران. إلا لكننا على أيه حال لا نقر هذا الرأى، طالما أن الفارق الفعلى فى الثقل يمكن تسجيله بواسطة آلات خاصة بذلك.

ويبين لنا الشكل رقم ١٠، كيف أن ثقل الجسم يتغير داخل الصاروخ. إذ يلاحظ أن ثقل كيلو جرام واحد معلق فى ميزان زنبركى، يحرك مؤشر الميزان ليشير إلى علامة كيلو جرام واحد، وهذا بالنسبة للثقل قبل انطلاق الصاروخ. أما بعد أن يحمل الهواء الصاروخ، فإن ثقل الأجسام الموجودة بالداخل تزداد إلى أضعافها، إذ قد تصل مثلا إلى أربعة أمثالها، وبهذا يشير مؤشر الميزان إلى علامة ٤ كيلو جرامات. وحينما يتحرك الصاروخ بقوة دفع كمية حركته الذاتية، فإن كل الأجسام الموجودة بداخله تفقد ثقلها. وبهذا يعود مؤشر الميزان إلى العلامة صفر.

ما زال أمامنا كثير من الجهود الشاقة المضنية، التى يجب علينا أن نبذلها لحل مسألة تموين المسافرين عبر الفضاء بكميات كافية من الأكسجين والماء والطعام، وذلك فى أولى رحلاتهم إلى

المريخ والزهرة. إذ إن هذه الرحلة ستستغرق أكثر من عامين. ومـــا زلنا كذلك فى حاجة إلى القيام بدراسة تفصيلية أكثر ممـــا هـــو الآن لحل مشكلة تنقية الماء والهواء على ظهر سفينة الفضاء. لكن أهـــم شـــىء الآن هو؛ أن حل هذه المشكلة كلها أصبح من الأمور الممكنة عمليا.



(شكل ١٠) يوضح نسبة تغير ثقل جسم من الأجسام أثناء الـــسفر بين الكواكب.

٤- مخاطر الطيران عبر الفضاء

تتعرض الأرض، دائما إلى الاصطدام بالشهب، إذ يقع في خلال العام الواحد عدة مئات من الشهب على سطح كوكبنا. وهذه الشهب عبارة عن أجسام معدنية أو حجرية، ذات أحجام مختلفة، ويبلغ قطر بعض هذه الشهب عدة أمتار، قبل دخولها نطاق الغلاف الغازى المحيط بالأرض. ومع أن هذه الجزيئات النيزكية بعيدة بعدًا شاهقًا، فإن معدل سرعة سقوطها على الأرض ما بين عشرة ومائة ألف جزء من الثانية. ويبلغ الوزن الكلى لمجموع الأجسام النيزكية التى تصل إلى سطح الأرض فى اليوم الواحد من عشرة إلى عشرين طنًا. وتصل سرعتها خارج الغلاف الغازى المحيط بالأرض بين عشرة وسبعين كيلو مترا فى الثانية.

وتزداد درجة حرارة النيازك داخل الغلاف الغازى. ويرجع ذلك لاحتكاكها بالهواء. وتتوهج فى بعض الأحيان مثل الشمس، إن لم يكن أكثر. وقد يحدث نتيجة اصطدام أحد النيازك بسطح الأرض

أن تتكون فجوة يبلغ قطرها عدة كيلو مترات. ومن المحتمل جـــدا أن تتحطم سفينة الفضاء إذا ما اصطدم بها نيزك كبيـــر الحجـــم. ومـــن الخطورة بمكان أن يحدث أى ثقب، ولو كان صغيرا جدا، في هيكـــل السفينة الخارجى، إذ سيتسرب الهواء منها فى سرعة كبيـــرة تعـــادل سرعة الصوت. ولقد أثبتت التجارب مع ذلـــك أن الإنـــسان ســـيظل محتفظًا بوعيه لمدة تقرب من خمس عشرة ثانيـــة بعـــد الاصـــطدام بالجسم الخارجى. وهى مدة كافية لكى يتمكن الإنسان من ارتداء قناع الأكسجين المثبت ببدلة الفضاء.

ومن الممكن جدا أن تحطم الشهب المجهرية هيكل السفينة، إذا ما ظلت ترتطم بها، مدة تكفى لكى تؤثر فيها. وتمثل هذا النوع مـــن الشهب خطرا أساسيًا على الأقمار الصناعية التى تدور حول الأرض لمدة طويلة من الزمن. كما يقول المثل القديم، "قطرات المـــاء تبلـــى الحجر، مع مرور الزمن".

ولقد أجريت تجربة فى الولايـــات المتحـــدة الأمريكيـــة عـــام ١٩٥٣، كانت هذه التجربة على ارتفاع ما بين ٤٠ و ١٤٠ كيلو مترا. وحدثت فى أثنائها ٦٦ صدمة فى فترة مدتها ١٤٤ ثانية، أى بمعـــدل ٤,٩ صدمة فى الثانية فى مساحة قدرها متر مربع. وقـــد أجريـــت

تجارب أخرى على ألواح معدنية مصقولة. إذ عرضت هذه الألــواح على ارتفاع عال جدا. ثم اختبرت بالمجهر بعد إعادتها، فتبين أنه قد تكونت بها سنون دقيقة جدا، وهى آثار صدمات شهب مجهرية.

ولم يتمكن العلماء بعد من معرفة الطرق الفاعلة التى يمكن بها حماية سفينة الفضاء من تهديد الشهب. ولكنهم على آية حال أحرزوا بعض التقدم فى هذا المجال. ونحن نعرف مثلا أن الــشهب ليــست موزعة توزيعًا متعادلا فى المكان والزمان. ولقد قام العلماء بدراســة شظايا النيازك ووقت سقوطها. وهناك بحث مفصل عــن مــدارات أسراب الشهب المختلفة، والمعلومات التى تحــصل عليهــا ســتعين المسافرين عبر الفضاء على اختيار المسار الصحيح، لكــى يبــدأوا رحلتهم فى اللحظة المناسبة، كما أنهم سيتمكنون من الوصــول إلــى القمر فى فترة "الهدوء النيزكى"، ثم يعــودون إلــى وطــنهم دون أن يخاطروا بأنفسم ويتعرضوا للاصطدام بشهب كبيرة الحجــم، أثنــاء رحلتهم. وسوف تجهز سفينة الفضاء بلوحة معدنية خارجية، تكفــى لحمايتها من الغبار النيزكى، هذا، بينما سيحميها الغلاف الداخلى من الشهب الصغيرة.

وحينما تجاوز سفينة الفضاء مدار المريخ، فإنها ستواجه حينئذ خطرًا آخر، ألا وهو خطر الاصطدام بأحد الكواكب الصغرى، أو الكويكبات. إذ تدور هذه الكويكبات بين مدار المريخ والمشترى. ولقد حدد علماء الفلك الطرق التى تسير فيها ما يقرب من ١,٦٠٠ كوكب من هذه الكواكب، كما تمكنوا من رسمها.

وتقدر الكتلة الكلية للكواكب الصغرى، بما يقرب من كتلة المادة النيزكية بأكملها الموجودة ضمن المجموعة الشمسية، (وهى نحو واحد على ألف من كتلة الأرض) وواضح تماما أن أى اصطدام بأى من هذه الأجرام، معناه نهاية سفينة الفضاء. ويبلغ قطر أصغر هذه الأجرام نحو كيلو متر.

ولكى نتجنب الاصطدام بهذه الشهب والكويكبات، تجهز السفينة بجهاز رادار، ويستخدم هذا الجهاز لإعطاء تحذير فى الوقت المناسب وتحويل الصاروخ تلقائيا عن طريقه. إلا أن هذه مشكلة صعبة. ويرجع ذلك إلى السرعة الهائلة التى تتحرك بها الأجسام النيزكية فى الفضاء.

وتعبر الفراغ الموجود بين الكواكب، الأشعة البنفسجية التى تصدر عن الشمس، والأشعة المسماة بالأشعة الكونية. أما عن الأشعة

فوق البنفسجية فيمكن الحيلولة دون نفاذها بواسطة اللوح المعدنى المركب حول سفينة الفضاء. أما الأشعة الكونية فإنها ستنفذ لا محالة من خلال هذا اللوح فى غاية السهولة. إذ إنها أقدر أنواع الأشعة على النفاذ فى الأجسام. وما زلنا فى حاجة إلى مزيد من البحث لمعرفة طرق الوقاية الكافية.

وأجرى العالم السويسرى إيوجستر، الاختبار التالى للتأكد من تأثير الأشعة الكونية على الجسم الإنسانى. فقد وضع قطعة صغيرة من الجلد الإنسانى المحفوظ داخل صاروخ بعيد المدى، ورفعها إلى طبقات الجو العليا وعرضها للأشعة الكونية على هذا الارتفاع الشاهق، وبعد أن عاد الصاروخ لحم العالم قطعة الجلد بجسم إنسان ونجحت العملية. وبهذا ثبت من البحث الذى استخدم فيه الصاروخ بعيد المدى، أن التعرض للأشعة فوق البنفسجية، والأشعة الكونية لمدة قصيرة من الزمن، لن ينجم عنه أى أذى. ولا يتوقف هذا الأمر على الحيوانات الدنيا فقط بل يصدق كذلك على القرود. لكن التجارب التى ذكرت هنا لا يمكن اعتبارها تجارت قطعية.

وسوف تتعرض كذلك حياة المسافرين فى صاروخ ذرى لخطر الإشعاع الذرى الذى يشع من الوقود النووى. إذ إن النشاط

الإشعاعى قد يمتد ويصل إلى بعض أجزاء سفينة الفضاء. وهذا من شأنه أن يعرض الركاب للأذى. ولذلك فلابد من إعداد دروع خاصة لوقاية الركاب من خطر النشاط الإشعاعى.

٥- الهبوط

كيف تتم عملية هبوط سفينة الفضاء العائدة؟

لو عالجنا المشكلة نظريا، سنقول باستخدام محرك صاروخى لتحقيق هذا الغرض. ولكى تدور السفينة لتتجه نحو الأرض، ستضطر إلى خفض سرعة الصاروخ وذلك باستخدام الغازات العادمة التى تدفع الصاروخ فى الاتجاه المضاد. إلا أن هذه العملية تستلزم قدرًا هائلاً من الوقود وليس هناك الصاروخ الذى يسع هذا القدر من الوقود.

وهناك طريقة أخرى لتهدئة سرعة سفينة الفضاء، وذلك عن طريق الاستفادة بمقاومة الهواء. ومع ذلك فإن الحرارة الناتجة عن الاحتكاك ستجعل من المستحيل علينا استخدام المظلات لأنها ستحترق فى الحال. ويصدق هذا الكلام أيضا على سفينة الفضاء التى تطلق من فوق كوكب صناعى. ولن يلائم هذا كله عملية الهبوط على الأرض، لأن السفينة بناء ضخم جدرانه رقيقة وخالية من الخطوط

الانسيابية التى تحفر على الهيكل الخارجى. ويكفى أن تصل إلى الغلاف الغازى حتى تبيضَّ من شدة الحرارة. وحينما تقترب السفينة من طبقات الجو العليا سيتخذ البحارة حينئذ أماكنهم فى سهم فضائى له غلاف خارجى مخطط بخطوط انسيابية. وسوف تتحول سفينة الفضاء فى هذا المكان السحيق الذى توجد به، إما إلى قمر صناعى تابع للأرض وذلك إذا كانت لا تزال بها بقية من الوقود يكفيها لتتخذ لنفسها مدارًا دائريًا. وإما أن تحترق داخل الغلاف الغازى.

سيدخل السهم الفضائى طبقات الجو العليا، وهو يتحرك بسرعة تزيد على أحد عشر كيلو مترًا فى الثانية. لكنه سيظهر ثانية فى الفضاء بعد أن يلاقى قدرًا معينًا من الممانعة بسبب مقاومة الهواء. وبعد سلسلة من المناورات بهذه الطريقة يكون السهم الفضائى قد استنفد أغلب سرعته الزائدة على الحاجة، ويتجنب بذلك السخونة الشديدة أثناء نزوله.

ونظرا لانخفاض سرعة السهم الفضائى المنزلق، فإن سطح أجنحته "الأصلية" سيصبح غير كاف ليساعده على الانزلاق، وفى هذه المرحلة الحرجة ستبدأ الأجنحة المنكمشة فى القيام بدورها. وبعد أن تتعادل بعد انقضاء بضع ساعات فى الهبوط.

وهذا هو نفس الإجراء الذى سيتبع مع المسافرين العائدين إلى الأرض من محطة فضائية. وفى هذه الحالة "سيقذف السهم المنزلـــق من المحطة بواسطة محرك صاروخى له قوة دفع ضعيفة. إذ سيدفعه هذا الصاروخ دفعة بسيطة فى الاتجاه المضاد لحركة المحطة، وبعد أن يفقد جزءا من سرعته السابقة، يبدأ السهم المنزلق فـــى الـــدخول تدريجيًا داخل نطاق الغلاف الغازى.

القمر الصناعى

١ – بناء القمر

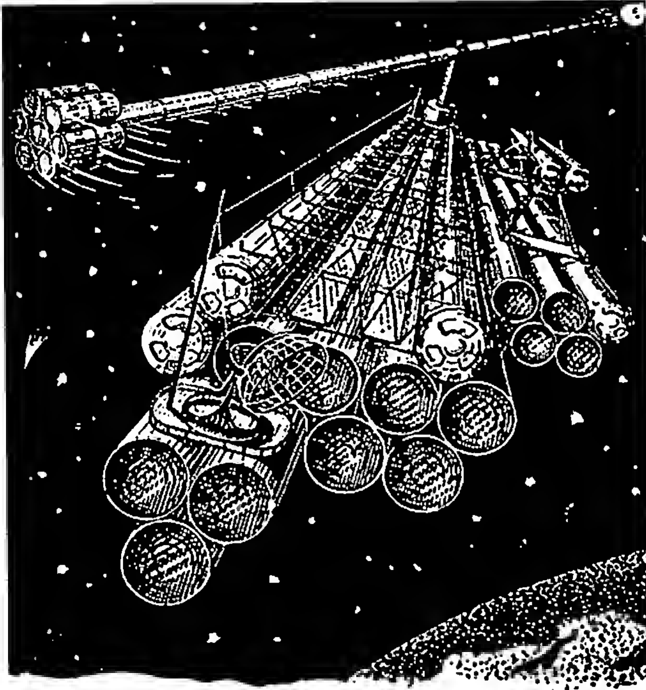
إن أولى مراحل انتصار الإنسان على الفضاء فى الكون هى؛ بنـــاء قمر صناعى للأرض، أى بناء آلة تطير وتدور حول كوكبنــا مثل القمر.

والقمر الصناعى يشبه سفينة الفضاء تماما من حيث إنه سيبنى ويوضع موضع الاختبار على ظهر الأرض. ثم يفك بعد ذلك ويرسل إلى مدار حدد من قبل حيث يعاد جمعه هناك (شكل ١١).

بعد أن يستقر الصاروخ ذو المراحل الثلاث أو الأربـــع فـــى مداره، سيلحق بصاروخ ثان وثالث ورابع. وهكذا وسوف تضم هـــذه الصواريخ إلى بعضها بحيث تكون كلا واحدا. كما ستستخدم حجرات وخزانات الوقود، بعد تهيئتها وإعدادها إعـــدادا خاصـــا، ستـــستخدم باعتبارها مساكن ومعامل ومصانع... إلخ.

وستجيز كل هذه الحجرات بالهواء المكيف وأجهـــزة حـــبس الهواء كى تحول دون تسرب الهواء إلى الخارج.

وفى الوقت المناسب سترسل كل المعـدات اللازمـة للمحطـة الفضائية. ويمكن استخدام توربينات الغاز، وأجهزة القياس وآلات تقـدير الحرارة وغير ذلك، كما يمكن استخدام الوقود الزائـد علـى الحاجـة، والمادة المؤكسدة الموجودة فى الصواريخ التى يتكون منها القمر.



(شكل ١١) صورة تمثـل للتـصميم المحتمـل وضـعه للقمـر الصناعي، ويلاحظ أن الجزء الأسفل من القمر الصناعى يـسوده انعدام الثقل، بينما نجد أن الجاذبيـة الـصناعية تـسود جـزءه الأعلى. وقد نشأت هذه الجاذبية بفعل الحركة الدورانية.

ويمكن إنشاء الجاذبية الصناعية حول محطة الفضاء حتى يشعر سكانها (شكل ١١). ولكن على أى ارتفاع سيبنى القمر الصناعى؟

لا شك أن اقتراب القمر من الأرض من العوامل التى تسهل الاتصال به. ولكن إذا ما اضطر القمر إلى السير داخل الطبقات الكثيفة للغلاف الغازى المحيط بالأرض، فإن الهواء سيعرقل حركته ويقلل من سرعته، وبالتالى سيسقط على الأرض. ولهذا يجب أن يوضع بعيدًا عن الطبقات الكثيفة للغلاف الجوى.

ليس من الميسور تحديد الحد الأقصى الذى ينتهى عنده غلاف الأرض الجوى، فهو يمتد إلى أعلى مع انخفاض نسبة كثافته كلما ارتفع. فكثافة الهواء مثلا عند قمة أنجلس (٦,٨ كيلو مترات) تقرب من نصف كثافة الهواء الموجود فى مستوى سطح البحر. وتصل هذه الكثافة إلى الثلث على ارتفاع عشرة كيلو مترات، وهى العشرة فقط على ارتفاع ١٨ كيلو مترا ويلاحظ أن الشهب لا تحترق فى المستويات التى هى أبعد من ١٥٠ كيلو مترا، على الرغم من أن سرعتها قد تبلغ عشرة أمثال سرعة القمر الجديد. ويندر وجود الهواء بعد ارتفاع ٢٠٠ كيلو متر، حتى يصح لنا القول بأنه غير موجود.

ولذلك فمن المفضل أن تكون محطة القمر الصناعى على هذا الارتفاع.

والقمر الصناعى لا يختلف عن أى جسم ساقط، إذ يمكنه أن يتحرك فى مستوى يمر خلال مركز الأرض، أى عبر خط الزوال مثلا. ويخضع القمر الصناعى لنفس قوانين الطبيعة تمامًا مثل الأجرام السماوية الأخرى. ومن هنا فإن سرعته ومدة دورانه حول الأرض تتوقفان على ارتفاعه.

ولو حدث أن انخفضت سرعة القمر الصناعى ولو شيئًا بسيطًا فإنه سيترك مداره ويسقط على الأرض فى مسار على شكل قوس ممتد.

٢- الاستفادة من القمر الصناعى

إن علم الأرصاد الحديث لم يجمع بعد معلومات كافية تساعده على التأكد من القوانين الطبيعية التى تخضع لها العمليـــات الجويـــة. وذلك لأننا الآن لا يمكننا أن نرصد طبقات الجو العليا إلا على فترات قصيرة. ولهذا فإن الأقمار الصناعية ستساعدنا جدا فى هذا المجـــال، وذلك لأنها ستمكننا من عملية الرصد المستمرة.

ولقد بلغت فكرة تصميم القمر الصناعى التابع للأرض مرحلة تسمح لنا بأن نطلق القمر فى خلال عامين أو ثلاثة. ويعمل كل مـــن الاتحاد السوفيتى، والولايات المتحدة وبعض البلاد الأخرى من أجـــل بلوغ هذا الهدف؛ وأول قمر صناعى سيكون عبارة عـــن صـــاروخ صغير فى الحجم ليس به آدميون ولا يزيد قطره على نصف متـــر. وسوف تنتقل تسجيلاته التى تسجلها الآلات الموجودة به إلى الأرض بواسطة الراديو.

ستأتى بعد ذلك مرحلة المراصد الطائرة التى يوجد بها آدميون. ولكى تسهل عملية مراقبة سطح الأرض، فلابد وأن تطلق فى مسارات تمر فوق القطبين، وسوف يكمل المرصد الطائر ست عشرة دورة حول الأرض فى خلال أربع وعشرين ساعة، كما يقوم بتصوير سطحها كله أثناء النهار.

وسيكون القمر الصناعى مفيدا جدا فى دراسة الطبيعة، وتوزيع السحب فى الأرجاء الواسعة المحيطة بكوكبنا. كما سيفيدنا كذلك فى تحديد الحدود التى ينتهى عندها كل من الكتل الدافئة والباردة من الهواء، وتحديد اتجاه الزوابع. وسوف تتمكن المحطات الطائرة للأرصاد الجوية من أن تسجل بدقة مقاييس الحرارة والضغط، وكثافة الهواء.. إلخ، فى طبقات الجو العليا. كما أن دراسة الإشعاعات الشمسية ستمكننا من تحديد ما يستنفذه كوكبنا من طاقة شمسية بصورة دورية. وتساعدنا هذه الدراسة على التنبؤ الصحيح بالطقس، وشروط المراسلة بالراديو.

ولا شك أن القمر الصناعى سيتعرض دائما لكمية ضخمة من الطاقة الشمسية. ورأى تسيولكوفسكى أنه من الممكن الاستفادة بهذه الطاقة فى تنمية النباتات داخل بيوت زجاجية خارج الكرة الأرضية.

ورأى أن سكان الجزيرة السماوية يستطيعون بذلك أن يجدوا حاجتهم من الطعام النباتى.

ومن الواضح أن معامل الأبحاث النووية التى ستقام هناك، ستجد بين يديها قدرًا ضخمًا من الأشعة الكونية لدراستها.

ومن مميزات القمر الصناعى أنه سيكون مكانًا ممتازًا للإذاعة على الموجة القصيرة وغيرها من الموجات فوق القصيرة.

واقترح تسيولكوفسكى اقتراحا لتسهيل عملية السفر بين الكواكب. ومضمون هذا الاقتراح هو؛ تقسيم الفضاء الموجود بين الكواكب إلى مراحل. ويستخدم القمر الصناعى التابع للأرض باعتباره رصيفًا لتغيير الصواريخ.

وإذا تم صنع هذا الرصيف فإن خروج الصواريخ إلى الفضاء من فوقه سيكون أسهل بلا شك مما لو يبدأ من الأرض. ويكفى فى هذه الحالة السير بسرعة ٣,١ إلى ٣,٦ كيلو مترات فى الثانية للوصول إلى القمر أو الزهرة أو المريخ. وذلك لأن الرصيف نفسه يتحرك هو الآخر بسرعة تقرب من ثمانية كيلو مترات فى الثانية. بينما نجد أن السرعة اللازمة للإفلات من الأرض هى ١١,٢ كيلو متر فى الثانية.

وثمة مشاريع عدة بخصوص السفر عبر الفضاء مع التوقف في محطة سماوية بين الكواكب.

ويرى أحد خبراء المشاريع أن الصاروخ ينطلق من الأرض ويصل إلى محطة الفضاء. وهنا يزود الصاروخ بكل ما يلزمه من وقود وطعام كي يواصل رحلته.

وثمة مشروع آخر. ويرى هذا المشروع أن المسافرين عبر الفضاء يقومون بتغيير الصواريخ التي يستقلونها هناك في المحطة الموجودة بين الكواكب. أما الصاروخ الذي سيواصلون به رحلتهم فإنهم يقومون بتركيبه من مجموعة الأجزاء التي يحضرونها معهم من الأرض، بالإضافة إلى بعض المعدات الموجودة في الصاروخ الأول.

وستعود علينا محطة الفضاء بالفائدة في نواحٍ أخرى كثيرة، إذ سيتمكن المسافرون عبر الفضاء من القيام بتجارب معينة عن طريق الطيران في الفضاء، لكشف الظروف التي ستتم فيها رحلات الفضاء في المستقبل. وثمة أبحاث تفصيلية شاملة سيقوم بها العلماء لمعرفة أثر فقدان الثقل على الإنسان، وخاصة إذا استمرت هذه الحالة مدة طويلة. كما سيدرسون أثر الجاذبية الصناعية على الإنسان وهكذا.

وسوف يكون من المستطاع القيام بأبحاث فوق ظهر جزيرة الفضاء لإعداد الوسائل اللازمة للوقاية من تهديد الشهب. أما من سيكتب لهم بأن يكونوا ضمن المسافرين عبر الفضاء فإنهم سيستخدمون محطة الفضاء باعتبارها قاعدة لإتقان الفن العملى لتوجيه الصاروخ فى الفضاء.

وسوف يتمكن العلماء من الحصول على أغلب المعلومات التى هم فى حاجة إليها كى يتمكنوا من تنفيذ أفضل الطرق لتصميم سفينة الفضاء والسهم الهابط.

وترى بعض الأوساط العلمية، أنه من المحتمل أن يحل القمر فى المستقبل محل محطة الفضاء. إلا أن هذه الفكرة غير صحيحة لأن القمر بعيد جدًا عن كوكبنا. ويضاف إلى هذا أن كتلة القمر وبالتالى جاذبيته كبيرة جدا: ومن ثم فإن هذا من شأنه أن يكلفنا كثيرًا جدًا من الوقود حتى تتمكن سفينة الفضاء من أن ترسو على سطحه ثم تنطلق منه مرة أخرى.

ولكن من يدر، فقد يكون للأرض قمر آخر أصغر حجمًا من القمر الطبيعى أو عدد من التوابع الطبيعية الصغيرة التى لم تكتشف بعد؟ وبهذا سيكون من السهل جدا بناء مرصد طائر أو محطة فضاء فوق هذه الأقمار.

ومع ذلك فلو فرض أن مثل هذه التوابع موجودة بالفعل فإنهـــا صغيرة الحجم للغاية، ومن الصعب جدًا تحديد موقعها. ويكاد يكــون من المستحيل تحديد مسار كوكب دقيق بواســطة التلــسكوب، علــى الرغم من أنه يدور حول الأرض على مسافة قصيرة. وذلــك لأنــه يتحرك بسرعة هائلة. ولهذا فإن فكرة بناء محطة فضاء فــوق أحــد التوابع الطبيعية التابعة للأرض تكاد تكون فى عداد المستحيلات.

رحلات الفضاء

١- رحة إلى القمر

لاشك أن القمر سيكون أول هدف يقصده الإنسان في سلسلة رحلاته عبر الفضاء. ويبعد القمر عن الأرض بنحو ٣٨٤,٠٠٠ كيلو متر أي ٠,٠١ من المسافة التي تفصل بين الزهرة والأرض حينما تكون الزهرة في أقرب نقطة لها من الأرض. وتعتبر هذه المسافة قصيرة إلى حد كبير، حتى ولو كانت بالنسبة للمسافات الأرضية. إذ إن هناك الكثير من ركاب السكك الحديدية. والبحارة الذين قطعوا نفس المسافة. وهناك كثير من الطيارين الذين قطعوا بطائراتهم مسافات تعادل هذا البعد مرتين.

والإنسان قادر على تسلق أعلى الجبال. ولكن هل ستكون لديه القوة الكافية التي تساعده على الصعود إلى القمر لو افترضنا وجود سلم يصل بين الأرض والقمر؟

لقد أثبتت التجارب العديدة أن الإنسان لكي يرتقي ارتفاعا قدره ١٥٥٠ مترا، فإنه يحتاج إلى جهد يساوي الجهد الذي يبذله في يوم

كامل. وحسب هذا التقدير فإن الإنسان يحتاج إلى ٦٨٠ عامـا كـي يصل إلى القمر. إلا أن هذا التقدير يكون صحيحًا فى حالـة واحـدة فقط وهى؛ أن الرحلة ستتم فى نفس الظروف وبنفس السرعة التـى كانت عليها فى اليوم الأول. ومع ذلك فإنـه فـرض خـاطئ. إذ إن جاذبية الأرض تقل كلما زادت المسافة التى تسلقها المـسافر. وهـذه الظاهرة من شأنها أن تساعده على زيادة سرعته باسـتمرار وإتمـام رحلته خلال أحد عشر عامًا.

ولكن كيف يكون الحال إذا استخدمنا الصاروخ؟ وكـم المـدة التي سيستغرقها الصاروخ حتى يصل إلى القمر؟ يمكن للصاروخ أن يصل إلى القمر فى مدة ٥١ ساعة، وذلك إذا ما تخلص مـن الأرض بسرعة قدرها ١١,٢ كيلو متر فى الثانية.

ولن يتمكّن الإنسان من توجيه الكواكب الأولى فقط، توجيهًـا لاسلكيًا، بل سيوجه كذلك الصواريخ القمريـة الأولـى. وسـيتمكن العلماء من تتبع خط طيران هذه الكواكب والصواريخ عـن طريـق الإشارات اللاسلكية التى ترسلها.

وسيحمل الصاروخ مسحوقًا متوهجًا، وحينما يـرى العلمـاء وهجًا دلالة على اشتعال هذا المسحوق فهذا معناه أن الصاروخ قـد

سقط على سطح القمر فى نفس اللحظة التى حدث فيها التـوهج. وإذا سقط الصاروخ على الجزء المعتم من وجه القمر، فإن هذا سيـساعد بالتأكيد على رؤية اشتعال المسحوق المتوهج بوضوح أكثـر. ومـن الممكن بالإضافة إلى ذلك أن يتطاير مسحوق أبيض، ويشغل مساحة واسعة، نتيجة سقوط الصاروخ على القمر. وهذا المـسحوق يمكـن رؤيته من فوق سطح الأرض.

وفى مرحلة ثالثة سيتمكن العلماء من إطلاق صواريخ أقـوى من هذه الصواريخ من فوق إحدى محطات الفضاء. ومن المحتمل أن تتحول هذه الصواريخ إلى كواكب صناعية تابعة للقمر وتدور حولـه مدة طويلة من الزمن دون حاجة إلى وقود. ولا شك فى أن هذا النوع من الصواريخ، سيساعده على دراسة القمر. نظرا لما يمتاز به مـن ميزات اقتصادية.

وتبين لنا بعض العمليات الحسابية أن صاروخا زنته عـشرة أطنان، وسرعة العادم ٤ كيلو مترات فى الثانية، لا يحتاج إلى أكثـر من اثنى عشر طنًا من الوقود حتى يتمكن من الدروان حول القمـر. وذلك إذا ما انطلق من فوق قمر صناعى تابع للأرض. أما إذا انطلق من فوق الأرض فإنه سيحتاج إلى ١٥٠ طنا من الوقـود. وإذا مـا

كانت سرعة العادم ٢,٥ كيلو متر فى الثانية، فإن تقـديراتنا تتغيـر وتصبح فى الحالة الأولى ٢٥ طنا من الوقود، و ٨٤٠ طنا فى الحالة الثانية. ونحن نسوق هذا القول على افتراض أن سفينة الفضاء هنـا ستنطلق بأقصى سرعتها منذ اللحظة الأولـى ودون اسـتنفاد وقـود إضافى للتغلب على مقاومة الهواء.

ونظرًا لأننا لا نرى، ونحن علـى الأرض، إلا أحـد نـصفى القمر، فإن العلم يهتم جدًا بالفائدة المنتظرة من بحث النصف الثـانى. وقد يتم الطيران فوق ذلك النصف فى وقت يكون سطحه كله مضاء بأشعة الشمس أى تتم مع قمر جديد.

ويمكننا أن نفترض بأن نصف القمر الذى لا نراه مـن علـى سطح الأرض لا يختلف أساسا عن النصف الآخر. ومـن المحتمـل كذلك أن يكون – مثله- جافا تماما وليس به ماء، وخاليا بالتالى مـن أى نوع من الهواء. وللمسافرين أن يتوقعوا رؤية أشياء كثيرة. فقـد يروا أماكن سوداء كبيرة حيث توجد وديـان، وهـى التـى تـسمى "بالبحار". كما سيرون سفوح جبال تقطعها شقوق عميقـة، وجبـالا قممها مضيئة، ومظلمة تماما عند أسفلها. وينتظر أن يروا نتـوءات دائرية مسننة، ومنحدرات زلقة من الداخل ولكنها تنحـدر بالتـدريج

نحو حافتها الخارجية (المدرجات الجبلية) وسلاسل من فوهات البراكين وقطعا من الرماد البركانى ذات لون أبيض كالثلج تبهر الأبصار (الأشعة المضيئة).

ولنتخيل أن سفينة للفضاء بنيت حسب التصميم الموضح فى الشكل رقم ٩، ولنفترض أنها انطلقت من محطة فضاء بهدف القيام ببحث عن القمر (صورة ١ – شكل ٩).

ويلاحظ أن سرعة سفينة الفضاء ستتغير أثناء طيرانها بقوة دفع كمية حركتها الذاتية. وعلى الرغم من أن الصاروخ انطلق بسرعة كبيرة فإنه سيفقد سرعته تماما، كما يحدث بالنسبة لقطعة من الحجر يقذفها الإنسان إلى أعلى. ويصل الصاروخ بعد خمسة أيام إلى نقطة يقع فيها تحت تأثير مجال جاذبية القمر. وحالما يحدث ذلك تبدأ سرعته فى الازدياد حتى تصل إلى ٢,٥ كيلو متر فى الثانية، وهو على بعد عشرات الكيلو مترات عن سطح القمر.

وإذا كان لابد أن تتحول سفينة الفضاء إلى كوكب صناعى تابع للقمر، حينما تكون على بعد عشرة كيلو مترات من سطحه، فلابد إذن أن تنخفض سرعتها إلى ١,٧ كيلو متر فى الثانية، وهى السرعة الدائرية لهذا الارتفاع (صورة ٢، شكل ٩). وستقطع السفينة

دورتها حول القمر فى مدة ساعة وخمسون دقيقة. وسيكون أفقها المرئى ١٨٦ كيلو مترا. وهنا سيتمكن الإنسان من أن يرى بالعين المجردة الأشياء الموجودة على سطح الأرض، والتى يبلغ طولها نحو ثلاثة أمتار أو أكثر.

وسوف تستمر سفينة الفضاء فى دورانها حول القمر كما يشاء ركابها دون أن تستنفد قطرة واحدة من الوقود (صورة ٣، شكل ٩).

وإذا عزم ركاب السفينة على اتخاذ طريقهم نحو وطنهم، وبدأوا رحلتهم نحو الأرض، فليس عليهم إلا أن يديروا المحركات. إذ إن السفينة ستترك الفلك الدائرى، بعد أن تزداد سرعتها، بينما ستواصل خزانات الوقود المنزوعة سيرها فى طريقها القديم. (صورة ٤ شكل ٩). وستواصل الآلات الأوتوماتيكية الموجودة بها إرسال إشاراتها اللاسلكية باستمرار إلى الأرض، وتبين فيها النتائج المختلفة التى سجلتها لعمليات القياس.

وسوف تهبط سفينة الفضاء بنفس الطريقة التى سبق لنا وصفها (صورة ٥ شكل ٩)، كما أن سهم الفضاء الهابط سيستقر على الأرض بعد أن ينشر جناحيه بأكملهما (صورة ٦ شكل ٩).

وبعد الانتهاء من رحلات الطيران الاستطلاعية حول القمـــر، تبدأ رحلات بقصد الهبوط على القمر. ولكن هل من الميسور الهبوط على سطح القمر دون استخدام وقود؟ وهل يحـيط بـالقمر غـلاف غازى؟

دلت عمليات الرصد أن الغلاف الغازى المحيط بالقمر دقيـق جدا. وتفيد بعض المعلومات المبدئية أن كتلة الهواء التى تغطى كــل سنتيمتر مربع من سطح القمر تقدر بـــ٠,٠٠٢ من الكتلة المقابلة لها على سطح الأرض. وتتساوى كثافة الغلاف الغازى المحيط بـسطح القمر مع كثافة الغلاف الغازى المحيط بالأرض، والموجـود علـى ارتفاع ٦٠ كيلو مترا. ولذلك فمن المستحيل، أيا كانت الاحتمـالات، أن يستخدم الهواء المحيط بالقمر من أجل تهدئة سرعة سفينة الفضاء قبل هبوطها على القمر، ولهذا فلابد من استخدام صاروخ ذى مراحل لتحقيق هذا الغرض.

وسيضطر المسافرون عبر الفضاء إلى أن يمكثوا فى حجرات حبس الهواء بعد أن يصلوا فوق سطح القمر، وهو ما يصدق بالنسبة للكواكب التى لا يحيط بها غلاف غازى، أو سيضطرون إلى ارتداء معاطف الفضاء قبل أن يخرجوا من السفينة. وسيتمكن المـسافرون،

على الرغم من هذه الملابس الثقيلة، من الحركة بسهولة. ويرجع ذلك إلى أن جاذبية الأرض تقدر بسدس جاذبية كوكبنا.

ولكى يتخلص المرء من مجال جاذبية القمر، فإنه يحتاج إلى ١ على ٢٠ من الطاقة اللازمة لتحقيق نفس الغرض على الأرض. وبالتالى فإن السرعة اللازمة للتخلص من القمر ستكون أقل بكثير من السرعة اللازمة للتخلص من الأرض.

وكى نكون أكثر دقة نقول: إن هذه السرعة ستكون أقل من ٢,٥ كيلو متر فى الثانية، بينما نجد أن الصواريخ الحديثة التى تسير بوقود سائل قادرة على السير بسرعة أكبر من هذه.

٢- رحلة إلى المريخ

السفر إلى المريخ من الموضوعات التى لها أهمية كبرى. ولقد ظل هذا الكوكب، طوال القرون الثلاثة الماضية، موضع اهتمام علماء الفلك وغيرهم من العلماء، لقربه من الأرض وتشابه ظروفه الطبيعية. ولم يعد خبراء الكواكب الآن ليقنعوا بدراسة سطح المريخ من على سطح الصور الفوتوغرافية، إذ إنه يبدو صغيرا حتى ولو استخدمنا أضخم التلسكوبات فى النظر إليه.

ومن المحتمل أن تسبق رحلتنا إلى المريخ، التى ننوى الهبوط فيها على سطحه، رحلات استطلاعية حول الكوكب، كما هى الحال فى رحلتنا إلى القمر. ومن ثم فإن سفن الفضاء ستتحول مؤقتا إلى كواكب صناعية تابعة للمريخ. والواقع أن عملية الهبوط والانطلاق ستكونان عمليتين شاقتين للغاية فى المراحل الأولى من سفرنا عبر الفضاء. وأهم هذه العقبات هى؛ أن الوقود اللازم للعودة من الرحلة لابد وأن يحمله المسافرون معهم من الأرض. ولا شك فى أن البحث

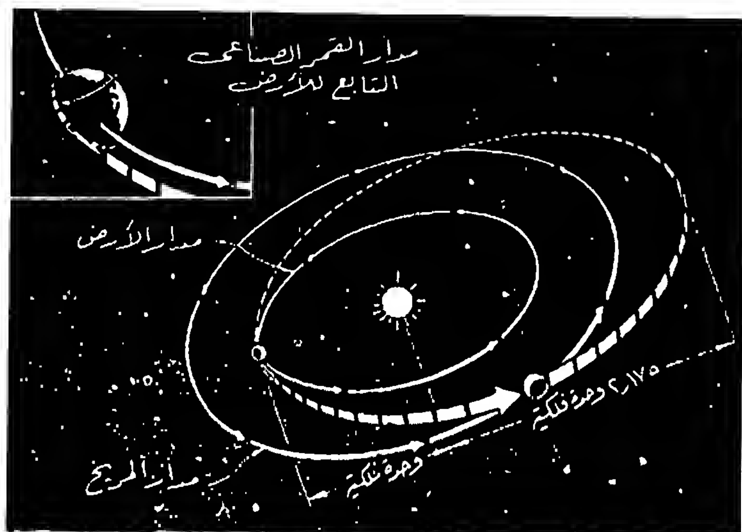
التفصيلى لسطح المريخ سيساعدنا على اختيار أفضل الأماكن التـــى تصلح للهبوط، كما سيساعدنا هذا البحث فى الحصول على معلومات لا يتيسر لنا التثبت من صحتها ونحـــن هنـــا علـــى الأرض. وهـــذه المعلومات ضرورية جدا بالنسبة لنا قبل أن نبدأ رحلتنا لنغزو المريخ ونرسو على أرضه.

وأول الأمور التى يجب أن نتوفر على بحثها هى؛ هـــل مـــن الممكن الاستفادة من بنية وتركيب الغلاف الغازى المحيط بـــالمريخ لتهدئة سرعة سفينة الفضاء؟ ومثل هذا البحث سيساعدنا كذلك علـــى اكتشاف مسائل مهمة مثل: هل يستطيع الإنسان أن يحيا على ظهـــر هذا الكوكب؟ وهل غلافه الغازى يهيئ لنا الوقاية الكافية لحمايتنا من الإشعاعات الضارة، والشهب التى لا تحصى والتى تتساقط عليه من الفضاء الخارجى؟ ولقد اكتشف العلماء أن الأشعة فـــوق البنفـــسجية ستنفذ إلى سطح الكوكب، وتهدد حيـــاة المـــسافرين عبـــر الفـــضاء. وعرف العلماء ذلك لأن الغلاف الغازى المحيط بالمريخ خل ومـــن غاز الأوزون الذى يمتص الأشعة فـــوق البنفـــسجية التـــى تـــسقط من الشمس.

وهناك عدة مسارات مختلفة يمكن اتباعها للطيران حول المريخ. وتتوقف المدة التى تستغرقها الرحلة، والسرعة المبدئية التى تنطلق بها سفينة الفضاء، على نوع المسار الذى يقع عليه الاختيار.

ولنفترض أننا سنتبع مسارًا يستلزم عامين لإتمام الرحلة (شكل ١٢). يجب أن ينطلق الصاروخ من محطة الفضاء فى منتصف الليل حسب التوقيت المحلى، حينما تكون مراكز كل من الأرض والشمس والمحطة على خط مستقيم. إذ إن هذه هى أفضل اللحظات المناسبة، لأن اتجاه حركة محطة الفضاء سيتفق مع اتجاه الصاروخ المنطلق. وسوف يستفيد الصاروخ فى انطلاقه من السرعة التى تسير بها محطة الفضاء، وينطلق الصاروخ حينئذ بأقل سرعة ممكنة وقدرها ٤,٣ كيلو مترات فى الثانية.

ولكن إذا كانت الرحلة ستبدأ مباشرة من فوق سطح الأرض، فإن السرعة اللازمة حينئذ هى ١٢,٣ كيلو متر فى الثانية.



(شكل ١٢) الطيران حول المريخ لمدة عامين. فـوق: صـاروخ ينطلق من فوق القمر الصناعى التابع للأرض.

وإذا كان الصاروخ المنطلق يزن عشرة أطنان، وسرعة العادم أربعة كيلو مترات فى الثانية، فإنه لابد وأن يحمل ١٩,٦ طـن مـن الوقود. وذلك إذا كان سيبدأ رحلته من فوق محطة الفضاء. أمـا إذا كان سيبدأ رحلته من فوق سطح الأرض فإنه سيحتاج إلى ٢١٦ طنا من الوقود.

وتتغير سرعة الصاروخ باستمرار طوال فترة طيرانه عبر الفضاء. إذ سيبدأ رحلته وينطلق بأقصى سرعة ممكنة له. ثم تأخذ هذه السرعة فى النقصان بالتدريج مع ابتعاد الصاروخ عن مدار الكرة الأرضية.

وبعد أن يقترب الصاروخ من المريخ يحاول أن يرتد عنه إلى مسافة معينة وينطلق فى الفضاء الخارجى.

ونظرًا لأن المريخ يدور حول محوره، فإن المسافرين سيتمكنون من التقاط صور لسطحه أثناء طيرانهم حوله.

وتصل سفينة الفضاء أقصى نقطة فى مسارها بعد عام واحد من طيرانها، وبذلك تكون قد قطعت مسافة ٢,١٧٥ سنة ضوئية بعيدا عن الأرض، وهنا تبلغ سرعتها أقل مدى لها.

وبعد أن تتجاوز سفينة الفضاء هذه النقطة تعود مرة أخرى إلى الاقتراب من فلك المريخ بسرعة متزايدة. لكنها لن تلتقى بالكوكب فى هذه المرة. وحينئذ يغلق المسار الطيران، وهو على شكل قطع ناقص، وتبدأ سفينة الفضاء بعد ذلك تعود أدراجها إلى الأرض بنفس السرعة التى انطلقت بها.

وهناك وسيلة أخرى للقيام بدراسة المريخ عن قرب، وتستمر هذه الدراسة فترة طويلة من الزمن. وذلك بأن نطلق صاروخا قويا ليرسو فوق سطح فوبوس، وديموس، وهما قمران تابعان للمريخ. ويتم ديموس دورته حول المريخ فى فترة تقل قليلا عن ٣٠ ساعة، ويبعد عنه بمسافة ٢٣,٠٠٠ كيلو متر أى ١/١٧٠ من المسافة التى تفصل بين الأرض والقمر. ويبعد فوبوس بمسافة ٩,٠٠٠ كيلو متر عن سطح المريخ، وتستغرق دورته الكاملة حول الكوكب فترة أقل من ثمانى ساعات. ويلاحظ أن حجم وكتلة هذه الأجرام السماوية صغيرة جدا، كما أن قوة جذب جاذبيتها لا يؤبه لها. ولذلك سيكون أيسر علينا أن نزود هذين القمرين عن أن نزود كوكبهما التابعين له.

ويفيدنا علم الطبيعيات الفلكية الحديث بمعلومات توحى إلينا بأن الظروف الطبيعية المحيطة بالقمر مشابهة إلى حد كبير بتلك التى تحيط بالمريخ عن أى كوكب آخر. ولقد قام مجموعة من علماء الفلك السوفيت وعلى رأسهم ج.تتجوف، بأبحاث طويلة فى هذا الصدد. وانتهى هؤلاء العلماء من بحثهم إلى الاعتقاد بوجود نباتات على ظهر المريخ. ويعتقد العلماء أن الغلاف الغازى المحيط بالمريخ يحتوى على غاز الأكسجين، وخلوًا من الغازات التى تؤدى حياة

الإنسان. هذا على الرغم من أن الغلاف الغازى رقيق جدا، حتى ولو كان فوق سطح الكوكب مباشرة. ومن ثم سيضطر المسافرون عبر الفضاء أن يحيوا داخل حجرات حبس الهواء حيث يتيسر تنظيم الضغط وحرارة الجو بداخلها، كما سيضطرون إلى ارتداء معاطف الفضاء قبل أن يتركوا الصاروخ. ومن المحتمل وجود ماء فوق سطح المريخ. ويعتبر مناخ المريخ مناخا قاريًا أكثر مما هى الحال على الأرض. والسبب فى ذلك أن شدة الإشعاعات الشمسية فوق سطح المريخ تبلغ نصف شدة الإشعاعات الساقطة على الأرض.

ما أفضل المسارات من الناحية الاقتصادية والتى يجدر بنا اتباعها فى غزو المريخ بحيث يتيسر لنا الهبوط فوق سطحه؟

إن أقصر خط بين نقطتين فى الفضاء هو الخط المستقيم. وأيا كان الأمر فإن سفينة الفضاء لن تتمكن من الطيران كما يطير الغراب. إذ إن جاذبية الشمس ستجبر الصاروخ على أن يحيد عن طريقه فى الفضاء تمامًا، كما تؤثر جاذبية الأرض على مسار حجر قذف فى الفضاء إلى أعلى فيسير بزاوية معينة. حقًا إن سفينة الفضاء يمكنها أن تسير فى مسار مستقيم وذلك إذا ما دارت محركاتها باستمرار. إلا أن ذلك معناه زيادة فى استنفاد الوقود بكمية هائلة.

والوسيلة الوحيدة التى يمكن بها لسفينة الفضاء أن تتخلص من عملية الانحراف عن مسارها، بتأثير جاذبية الشمس، وتسير فى مسار مستقيم هى أن تطير فى خط رأسى مواز لأشعة الشمس. لكن هذا النوع من الطيران يستلزم كميات هائلة من الوقود، لأن سفينة الفضاء ستضطر إلى أن تخمد هذه السرعة الهائلة التى كانت تدور بها هى والأرض حول الشمس. وتقدر هذه السرعة بنحو ٣٠ كيلو مترًا فى الثانية. وهذه السرعة ستحرف سفينة الفضاء عن طريقها بنفس الطريقة التى يحرف بها التيار قاربا وضع فى النهر ليعبره إلى الشط الآخر ويسير فى زاوية قائمة.

ولنفترض، مع هذا كله، أننا بدأنا رحلة إلى المريخ متبعين أقصر الطريق وأكثرها استقامة. إذا حدث ذلك فإن الرحلة تتم خلال ٨٥ يومًا. ولكن لابد، لبلوغ هذا الهدف، من السير بسرعة لا تقل عن ٣٩ كيلو مترًا فى الثانية. ومن الواضح أن مثل هذا الطريق يكلفنا تكاليف باهظة.

وعلى العكس من ذلك، فلو بدأت سفينة الفضاء تحلق فى مسار شبه القطع الناقص، فإنها ستضطر إلى أن تنطلق من الأرض

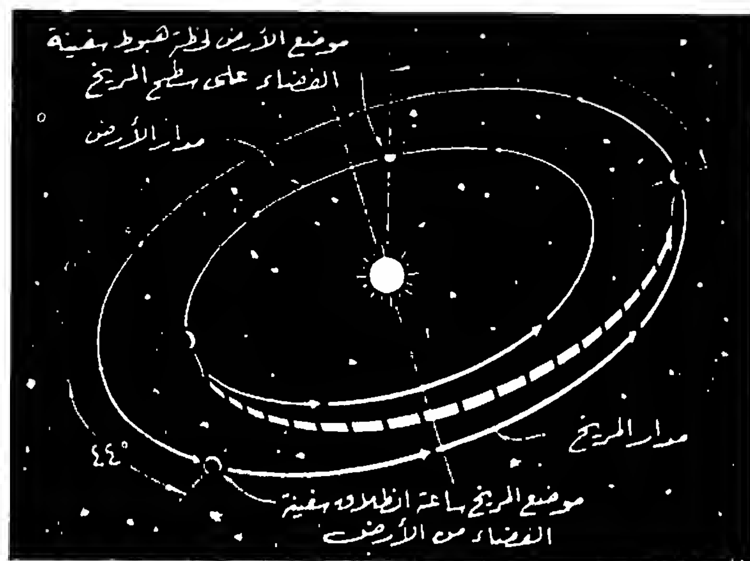
بأقل سرعة ممكنة لها. وسوف تسير السفينة بأقل سرعة لهـــا كـــذلك حينما تبدأ فى عملية الهبوط فوق المريخ (شكل ١٣).

وسبق أن أشرنا إلى أن سفينة الفضاء يستحيل عليها أن تنطلق من فوق سطح الأرض فى أى لحظة من اللحظات، إن لم تتبــع فـــى سيرها خطا مستقيما. إذا لابد وأن يكون المريخ فـــى وضـــع معـــين بالنسبة للأرض إذا كان لابد للصاروخ من أن يلتقى به حينمـــا يبلـــغ مداره. ويلاحظ أن المريخ لا يتخذ هذا الوضع المحدد إلا مرة واحدة كل ٧٨٠ يوما فى المتوسط.

وتستغرق الرحلة إلى المريخ مدة ٢٥٩ يوما. ذلـــك إذا كـــان مسارها شبه قطع ناقص. وسيضطر المسافرون عبر الفـــضاء إلـــى الانتظار مدة ٤٥٤ يوما قبل أن يعـــودوا أدراجهـــم متخـــذين نفـــس المسار، حتى يعود الكوكبان إلى وضعهما الصحيح بالنسبة لبعضهما.

وإذا اتبعت سفينة الفضاء مثل هذا المسار فـــى رحلتهـــا إلـــى المريخ، فلابد لها وأن تنطلق بسرعة ١١,٦ كيلو متر فـــى الثانيـــة. ولكن من المشكوك فيه أن يرضى إنسان، من الموعودين بالسفر عبر الفضاء بالقيام بهذه الرحلة التى يقطع فيها مثل هذا الطريق الطويـــل. ويمكن للمسافرين أن يختصروا زمن العبور، وذلك إذا زادت سرعة

الانطلاق، وسافروا فى مسار على شكل القطع المتكافئ. وتـــستغرق رحلتهم فى هذه الحالة ٧٠ يومًا. وذلك علـــى افتــراض أن ســفينة الفضاء بدأت رحلتها وكانت سرعتها المبدئية لانطلاقها هـــى ١٦,٧ كيلو متر فى الثانية. وبالتالى فإذا زادت السرعة المبدئية للانطـــلاق إلى ١,٤ مرة ستنخفض المدة التى تستغرقها رحلــتهم بواقـــع ٣,٧ . وتلك هى إحدى القسمات المميزة للملاحة عبر الفضاء.



(شكل ١٣) الطيران إلى المريخ فى مسار على شكل شبه القطع الناقص

كان الاعتقاد الشائع فى نهاية القرن الماضى أن المريخ تسكنه حيوانات راقية. وكتب الكثيرون روايات وقصصًا تناولت هذا الموضوع. ولكن لم يحاول مؤلفو هذه الروايات أن يكلفوا أبطالها عناء التفكير فى توقيت طيرانهم أو تحديد المسار الذى يجب عليهم أن يتبعوه. ومع هذا فلو فكروا فى هذا الموضوع فإنه سيزداد صعوبة وتعقيدا. إن رحلة بين كوكبين يمكن أن تتم فقط عبر عدد من الطرق "المعقولة"، ولابد وأن يوضع موضع الاعتبار، مواضع الكواكب بالنسبة إلى بعضها. ومن ثم فلابد وأن تحدد بدقة مواعيد انطلاق سفن الفضاء ومواعيد وصولها إلى أهدافها.

ولو قدر لنا أن نرسم جدولا يبين مواعيد الطيران إلى المريخ أو الزهرة، فإننا سنجد فيه كثيرًا من الخانات البيضاء، أو "الفصول العاطلة". وتتراوح مدة هذه الفصول من بضعة أشهر إلى العام ونصف العام، أو ما يقارب ذلك. ولن تتمكن سفينة الفضاء فى هذه الفترة من الانطلاق من فوق سطح الأرض أو الهبوط فوق هدفها، نظرًا لأن الكواكب لم تتخذ الوضع الملائم للقيام بالرحلة.

٣- رحلة إلى الزهرة

لو نظرت إلى الأفق المعتم بعد الغروب مباشرة فإنك ترى نجما شديد اللمعان. هذا هو كوكب الزهرة. وقد تبدو الزهرة للعيان قبل الفجر بفترة قصيرة، بل قد ترى فى وضح النهار. ويرجع شدة لمعان الزهرة إلى قربها من الشمس وقدرتها على عكس الضوء.

وتعتبر الزهرة أقرب جيران الأرض. وهى أكثر كواكب المجموعة الشمسية شبها بالأرض، وتقل أبعادها وكتلتها عن أبعاد وكتلة كوكبنا بنسبة ضئيلة. ومن ثم فإن مكتشفى الفضاء فى المستقبل لن يندهشوا لوزنهم حينما يستقرون على سطحها.

وفى عام ١٧٦١، اكتشف العالم ميخائيل لومندسوف، بواسطة أحد التلسكوبات، حافة مضيئة حول الزهرة حينما تقترب من قرص الشمس. وأرجع هذه الظاهرة إلى وجود غلاف غازى حول الزهرة. وأثبتت بعض عمليات الرصد التالية لذلك، أن الهالة المضيئة هى بالفعل الغلاف الغازى المحيط بالكوكب، وأنها مضاءة بواسطة

الشمس. وقد تم رصد هذه الظاهرة عام ١١٨٢، وهو ما لـم يـتمكن الإنسان من رصده مرة أخرى سوى عام ٢٠٠٤. ولكـن سـتختلف الحال بالنسبة للعلماء الذين يستقلون سفينة الفضاء، إذ إنهم سيتمكنون من رؤية هذه الظاهرة عدة مرات فى العام الواحد.

وكانت هناك فكرة شائعة، وظلت سائدة مـدة طويلـة دون أن تزعزع، يرى أصحابها أن السحب المحيطة بالزهرة إنمـا تكونـت بفعل بخار ماء، وأن هذه السحب تعكس أشعة الشمس بكمية كبيـرة: ولكن أثبتت الأبحاث التى أجريت بعد ذلك أن طبقات الجو العليـا لا تحتوى على بخار ماء ولا أكسجين، ولكنها تحتوى بدلا من ذلك على حامض كربونيك بنسبة كبيرة، ولذلك فمن المحتمل أن يكون الهـواء الذى يغطى سطح الكوكب مباشرة غير صالح للتنفس، ولهـذا فلابـد وأن يحمل المسافرون معهم خزانات للأكسجين.

ويسود الاعتقاد بين بعض علماء الفلك بـأن بنيـة الغـلاف الغازى المحيط بالزهرة مشابهة للغلاف الغازى المحـيط بـالأرض. ولكن هناك علماء آخرين يعتقدون بأن غلاف الزهرة إلـى ارتفـاع الزهرة يمتد إلى ارتفاع شاهق أكثر من مثيله علـى الأرض. وقـد كشفت بعض عمليات الرصد التى تمت وقت الشفق لكوكب الزهرة،

أن الضغط الجوى فوق سطح الزهرة يزيد على الضغط الجوى فوق سطح الأرض بما يعادل مرتين أو ثلاث مرات.

وهذا من شأنه أن يساعد على تهدئة سرعة سفينة الفضاء حينما تدخل هذا النطاق بقصد الهبوط على سطح الزهرة.

لم تتثبت العلماء بعد بصورة نهائية من المدة التى يستغرقها كوكب الزهرة فى الدورة الواحدة حول محوره (الزمن الذى يقضيه فى دوره كاملة حول نفسه). ويعتقد بعض المشتغلين بعلم الفلك أنها ٦٨ ساعة، بينما يرى البعض الآخر أنها مساوية للفترة التى تستغرقها الأرض فى دورتها حول محورها، ويرى فريق ثالث أنها هى نفس المدة التى تقضيها الزهرة فى دورتها حول الشمس، أى ٢٢٥ يوما. ولم يستطع العلماء بعد تحديد الزاوية بين خط الاستواء لكوكب الزهرة وبين فلكه. وهذه الزاوية هى التى تحدد المدة التى يستغرقها الليل والنهار طول العام. ولا يحتمل أن نهتدى إلى الإجابة عن هذه المسائل حتى يحلق المسافرون عبر الفضاء حول الزهرة.

ولا يمكننا بهذه المعلومات التى بين أيدينا أن نقدر الارتفاع والاتجاه اللذين يجب أن تسير فيهما سفن الفضاء "لكى تغوص داخل الغلاف الغازى المحيط بالزهرة، وتضمن لنفسها هبوطا مأمون

العواقب. وكلما قلت سرعة سفينة الفضاء بالنسبة للغلاف الغازى المحيط بالكوكب كلما كان ذلك مدعاة للسهولة، والأمن فى الهبوط. وتعتمد سرعة الصاروخ إلى حد كبير على توافق اتجاه طيرانه مع دورة الكوكب حول نفسه.

إن عمليات الاستطلاع الأولية ستساعدنا على القيام بدراسة شاملة لبنية القشرة السطحية للزهرة، ومعرفة إذا كانت هناك نباتات وحيوانات أم لا. إلا أن ستار السحب، المحيطة بالكوكب، سيحول دون رصد سطحه مباشرة. ولكن، ورغم هذا الستار من السحب، هناك طرق حديثة للتصوير تستخدم فيها الأشعة تحت الحمراء. وهذه الطرق تيسر لنا تصوير سطح الزهرة من داخل سفينة الفضاء.

لنتخيل أننا فى طريقنا إلى الزهرة داخل سفينة الفضاء. (شكل ١٤) تنطلق السفينة بنا أولا من فوق الأرض بسرعة مقدارها ١١,٥ كيلو متر فى الثانية. ويوقف الملاح المحركات بعد ذلك، وحينئذ يشق الصاروخ عباب الفضاء مثل الحجر بعد قذفه بمقلاع. ولن يشعر الركاب بعد ذلك بأى ثقل وسيكون بمستطاعهم أن يروا كوكبنا من خلال النوافذ، على مسافة قصيرة وكأنه كرة لونيا ضارب للزرقة والاخضرار، وتدور على ميل فى فضاء أسود فاحم. ويمكن رؤية

حواف القارات التى تضيئها الشمس بوضوح من خلال فجوات السحب. وبعد أن تخرج السفينة من نطاق الجاذبية الأرضية تخلف الأرض وراءها بمسافات تتباعد باستمرار.

لقد مضت علينا الآن بضعة شهور، وأصبحت الأرض أمامنا على هيئة كرة صغيرة لامعة ضاربة إلى الزرقة. وها هو عالم آخر جديد لا نعرف عنه شيئًا، يقترب منا سريعًا، ويتلألأ لونه الذى يجمع بين الزرقة والبياض. إنه الزهرة. وها هو ذا الكوكب يكبر حجمه ويخفى عن نظرنا نجومًا كثيرة يزداد عددها مع مرور الوقت. والآن لابد من تهدئة سرعة الفضاء حتى نحول دون اصطدامها بسطح الزهرة كما يصطدم شهاب جبار. ولو قدر هذا الحادث أن يقع فإن طاقة الحركة ستتحول كلها إلى طاقة حرارية على شكل انفجار شديد يتبخر من جرائه كل محتويات السفينة، ولن يخلف وراءه أى أثر لها سوى فوهة ضخمة.

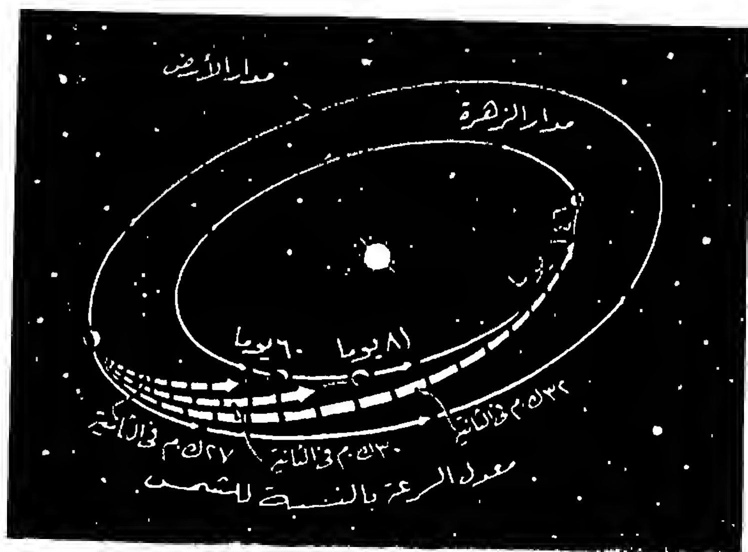
لقد بذل الملاح كل ما فى وسعه كى يتجنب الاصطدام بسطح الكوكب. وها هو ذا يدخل نطاق الغلاف الغازى المحيط بالزهرة ويسير موازيًا تقريبًا لسطحها، ويهدئ من سرعة الصاروخ، وذلك بالاستعانة بمقاومة الهواء. والآن يطلق الصواريخ المعطلة، الموجودة

فى مقدمة السفينة، ويوقف سفينة الفضاء بالفعل. وبعد لحظات قليلة تتمكن السفينة من أن ترسو على الأرض فى أمن وسلام.

وها هم العلماء يمضون أوقاتهم فى عمليات الرصد وإجراء التجارب، وجمع عينات أثارت اهتمامهم، ويقومون ببعض الأبحاث الأخرى. وأخيرا حان موعد الرحيل، وتنطلق سفينة الفضاء فى سرعة مقدارها ١٠,٧ كيلو متر فى الثانية، وتطير فى مسار شبه القطع الناقص فى منطقة تماس مدارى الزهرة والأرض. وستدخل السفينة الغلاف الغازى المحيط بالأرض فى سرعة مقدارها ١١,٥ كيلو متر فى الثانية. ولكى يخمد الملاح سرعة السفينة، قبل أن تستقر على الأرض، فإنه سينزلق بها أولا فى طبقات الجو العليا للأرض، ثم ينتقل إلى الطبقات السفلى التى تزداد كثافتها بالتدريج.

تستغرق مثل هذه الرحلة ١٤٦ يوما. ويمكن مع ذلك اختصار زمن العبور من ٨١ إلى ٦٠ يومًا، إن لم يكن إلى ما هو أقل من ذلك. (انظر شكل ١٤).

ولكى نتمكن من بلوغ هذا الهدف "اختصار زمن العبور" رغم الظروف المحيطة بالسفر عبر السماء، لابد لنا وأن نزيد السرعة، كما يحدث تمامًا بالنسبة لقطعة الحجر. فكلمت زادت السرعة التى تنطلق بها



(شكل ١٤) الطيران إلى الزهرة فى مسارات على شكل شبه القطع الناقص

قطعة الحجر عبر الهواء، كلما كانت أسرع فى إصابة الهدف. وبالنسبة للحالة التى سبق لنا وصفها، فكلما زادت السرعة المبدئية التى تنطلق بها سفينة الفضاء بالنسبة للأرض، كلما قلت سرعتها بالنسبة للشمس. وذلك لأنها ستنطلق فى اتجاه مضاد لحركة الأرض. ويوضح المثال التالى ما ذهبنا إليه. كلما زادت السرعة التى يسير بها إنسان داخل قطار، فى اتجاه مضاد لسير القطار، كلما كانت سرعته أبطأ بالنسبة للأرض.

وإذا شئت أن تعرف لماذا تنقص المدة التى تقضيها السفينة فى الطيران، على الرغم من انخفاض سرعة حركــة الــصاروخ فــى الفضاء، فليس عليك إلا أن تلق نظرة إلــى الــشكل ١٤. إذ إن هــذا الشكل يعطيك مفتاح المشكلة، فالشكل يوضح لك ثــلاث ســرعات. ولنفترض أن الصاروخ تحرك بأقل السرعات الثلاث، فإنه يتمكن من أن يعبر أقل المسافات التى تساعده على اختصار زمن السفر.

٤- السفر إلى الكواكب الأخرى

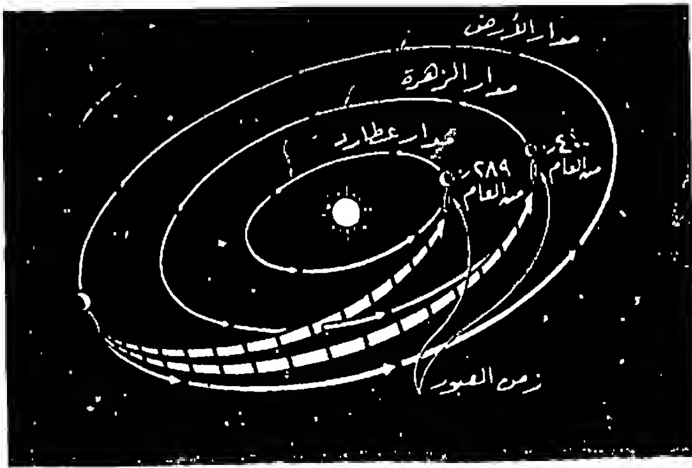
لقد وصفنا حتى الآن ظروف السفر إلى أقرب جيران الأرض وهم القمر، والمريخ، والزهرة. أما عن السفر إلى الكواكب الأخرى من المجموعة الشمسية فإنه سيكون أكثر صعوبة.

رأينا أن السرعة المبدئية للانطلاق من الأرض إلى الكواكب الأخرى تتوقف على الطريق الذى نتخذه فى سفرنا، ورأينا كذلك أن المسار شبه القطع الناقص هو أفضل المسارات من الناحية الاقتصادية. إذن ما هو الحد الأدنى للسرعة المطلوبة كى نصل إلى الكواكب الأخرى من المجموعة الشمسية. وكم تستغرق منا هذه الرحلة؟ الإجابة عن هذه الأسئلة مبينة بالجدول الآتى:

اسم الكوكب الذى تقصده سفينة الفضاء	الحد الأدنى للسرعة مقدرا بالكيلو متر فى الثانية	زمن العبور فى اتجاه واحد	
		يوم	سنة
عطارد	١٣,٥	١,٥	-
الزهرة	١١,٥	١٤٦	-

المريخ	١١,٦	٢٥٩	-
المشترى	١٤,٢	٢٦٧	٢
زحل	١٥,٢	١٨	٦
أورانوس	١٥,٩	١٤	١٦
نبتون	١٦,٢	٢٢٥	٣٠
بلوتو	١٦,٣	١٤٩	٤٥

يبين لنا هذا الجدول أن السفر إلى عطارد فى طريق شبه القطع الناقص، يستغرق وقتا أقل من السفر إلى الزهرة، على الرغم من أن الزهرة تقترب من الأرض. وقد يبدو من أول وهلة أن تفسير هذه الظاهرة من الأمور المعضلة. لكن هذا التفسير موجود فى الشكل ١٥، يبين لنا هذا الشكل أن الطريق بين الأرض وعطارد أقصر من الطريق بين الأرض والزهرة.



(شكل ١٥) السفر إلى الزهرة فى طريق على شكل قطع ناقص يستغرق وقتًا أطول من السفر إلى عطارد، وهو أبعد كواكب المجموعة الشمسية.

وتفصل بين الأرض والمشترى مسافة أطول عدة مرات من المسافة التى تفصل بين الأرض والمريخ ويوجد بين المريخ والمشترى حزام من الكويكبات الصغيرة التى لا تحصى والتى تمثل خطرا على سفينة الفضاء. وتصل إلى هذا الكوكب كمية قليلة جدًا من أشعة الشمس. وزيادة على ذلك فإن السرعة التى تسير فى خط على شكل القطع المتكافئ تزيد بما هو أكثر من خمس مرات، عن

مثيلتها على الأرض. كما أن قوة الجاذبية تعادل جاذبية الأرض ثلاث مرات، وهذا كله يمثل عقبة كبرى أمام المسافرين عبر الفضاء، مما قد يجعل أمر البقاء على ظهر الكوكب مستحيلا استحالة مطلقة. وثمة عقبات أخرى مثل وجود بعض الغازات السامة وبرودة الجو. ومع هذا كله فمن الممكن بحث المشترى من داخل سفينة فضاء تدور حوله بوصفه قمرًا صناعيًا.

ونرى من الضرورى، قبل أن نرحل إلى عطارد، أن نصرح بحقيقة واقعة وهى أن الفترة التى يستغرقها عطارد فى دورته حول محوره دورة كاملة هى؛ (٨٨ يومًا). ويترتب على ذلك أن أحد نصفى الكوكب هو الذى يتعرض لأشعة الشمس بينما يسود النصف الأخر ظلام دائم. ومن ثم فإن درجة حرارة هذا النصف منخفضة جدًا. ويفصل بين النصفين حزام ضيق وضاء، معتدل المناخ. ويجب ألا ننسى، مع ذلك كله، أننا لا يمكن أن نتكلم عن مناخ عطارد إلا بأسلوب الأرقام طالما أن هذا الكوكب، كما يبدو لنا، لا يحيط به غلاف غازى.

وتبلغ قوة أشعة الشمس فوق عطارد ما يعادل قوتها فوق الأرض بسبع مرات فى المتوسط. وتقدر درجة حرارة سطح النصف

المعرض للشمس بما يبلغ ٤٠٠ درجة سنتيجراد. ومن ثم فلابـد وأن يوضع تصميم خاص لهيكل سفينة الفضاء التـى تـسافر إلـى هـذا الكوكب، بحيث تعكس أغلب أشعة الشمس الساقطة عليه.

ويستحيل أن يتحقق الهبوط فوق سطح عطـارد إلا باسـتخدام صواريخ ذات فرامل. وصناعة هذا النوع من الصواريخ تمثل عقبـة كبيرة فى سبيل تحقيق ذلك الهدف الآن.

أما عن السفر إلى زحل وأورانوس، ونبتون، وبلوتـو، فـإن الرحلة اليهم تستغرق وقتا أطول بكثير فى الطرق التى تستلزم الحـد الأدنى من السرعة المبدئية. ولذلك فلابد من بناء صواريخ سـريعة (إكسبريس) ذات قوة تحمّل هائلة كى تصل إلى هذه الكواكب. فمـثلا لو زادت سرعة قذف الصاروخ المتجه إلى بلوتو بمقـدار ٥% مـن السرعة الكلية، ومقدارها ١٦,٧ كيلو متر فى الثانية، فإن مدة الرحلة تنقص إلى ما هو أقل من نصف المدة العادية.

وعلى الرغم من أن قوة الجاذبية فوق سطح هـذا الكوكـب، تعادل مثيلتها على الأرض تقريبا، فإن ظروفها الطبيعية غير ملائمة لحياة الإنسان. وقد ثبت أن غلافها الغازى يحتوى أساسا على غـاز الميثين، كما أن درجات حرارتها منخفضة جدا.

وماذا عن الرحلات إلى أقرب النجوم إلينا؟

إننا لو دققنا النظر فى صفحة السماء بالعين المجــردة، فلــن نتمكن من إدراك الفارق بين الكواكب والنجوم. ولكن على الرغم من أن كلا الاثنين يبدوان وكأنهما على بعد واحــد مــن الأرض، فــإن المسافة التى تفصل بين الكواكب والنجوم هائلة جــدا فــى الواقــع. وتصل أشعة الضوء من بلوتو، وهــو أبعــد كواكــب المجموعــة الشمسية، إلى الأرض فى أقل من سبع ســاعات (ســرعة الــضوء ٣٠٠,٠٠٠ كيلو متر فى الثانية). بينما نجد أن الضوء يقطع المسافة بين أقرب النجوم، التى يمكن رؤيتها على الأرض، حتى يصل إلينــا فى أكثر من أربع سنوات، ومن ثم فإن مسألة الــسفر إلــى النجــوم متروكة للمستقبل البعيد.

خـــاتمـــة

حاولنا فى هذا الكتيب أن نقدم للقارئ لمحة عن مستقبل علم السفر عبر الفضاء.

ولكى نحقق السفر عبر الفضاء، فلابد وأن نصل إلى سرعة تزيد عدة مرات على السرعة الممكنة الآن. ومن ثم فلكى تصل إلى القمر والكواكب الأخرى فى المجموعة الشمسية، لابد وأن تتراوح سرعة الصاروخ ما بين ١١,١ و١٦,٣ كيلو متر فى الثانية.

ولا شك فى أن بناء محطة فى الفضاء ييسِّر عملية السفر عبر الفضاء إلى حد كبير. وذلك لأن هذه المحطة تهئ الفرصة للسفينة كى تبلغ سرعتها اللازمة على مرحلتين. إذ تنطلق السفينة من على الأرض فى سرعة دائرية مقدارها ٧,٩ كيلو مترات فى الثانية، وتنطلق من فوق المحطة بسرعة إضافية تزيد على السرعة الأولى من ٣-٤ كيلو مترات فى الثانية.

ولابد من إدخال التحسينات على الخصائص الفنية التى يتميز بها الصاروخ، حتى يقوى على بلوغ السرعة الكونية. وأول هذه التحسينات هى زيادة سرعة العادم. وتخرج الغازات من الصواريخ الحديثة، التى تسير بالوقود السائل، بسرعة مقدارها ٢,٥ كيلو متر فى الثانية. وثمة اعتقاد بإمكانية زيادة هذه السرعة إلى أربعة كيلو مترات فى الثانية. وهناك خاصية أخرى مهمة هى الثقل النسبى للوقود الذى يحمله الصاروخ.

يبلغ ثقل الوقود الذى يحمله الصاروخ الحديث، الذى يسير بالوقود السائل، قرابة خمسة أمثال وزن الصاروخ. ويأمل العلماء، مع هذا كله، أن تتضاعف هذه النسبة فى المستقبل باستخدام مواد جديدة وإدخال تحسينات على التصميم الموضوع للصاروخ.

وتتجه صناعة الصواريخ الآن إلى زيادة قوة المحرك وعدد مراحل الصاروخ.

ونظرا لأن قوة جذب الجاذبية الأرضية تقل سريعا مع زيادة البعد عن الأرض، فإن زيادة طفيفة فى السرعة المبدئية التى ينطلق بها الصاروخ كفيلة بأن تدفع الصاروخ إلى مسافة أبعد بكثير من

مدى ارتفاعه المحدد أولا. ومن ثم فإن كل ارتفاع جديد يسجله الصاروخ، إنما هو مكسب ضخم وتقدم كبير على سابقه.

إن الصواريخ ذات الوقود الحرارى الكيميائى قد تكون أول الصواريخ التى تغامر باختراق الفضاء. ولكن ليس ثمة شك فى أنها ستتبع بسفن فضاء تسير بالذرة.

وهذه السفن ستكون أفضل بكثير من تلك فالطاقة الذرية تهيئ لعلم السفر عبر الفضاء إمكانات جبارة.

إذ أن الصاروخ الذرى ييسر لنا السفر إلى القمر والكواكب الأخرى من غير حاجة إلى التوقف فى محطة الفضاء من أجل التزود بالوقود. وإذا استخدمنا صواريخ ذات فرامل، فإن سفينة الفضاء الذرية ستتمكن من الهبوط على سطح الكواكب أو توابعها التى لا يحيط بها غلاف غازى. كما أن هذه السفن ستتمكن من العودة إلى الأرض من أى كوكب من كواكب المجموعة الشمسية. وأخيرا وليس آخرا، فإنها ستتمكن من الإنطلاق دون حاجة إلى انتظار الفرصة المناسبة حتى تأخذ الكواكب الوضع الملائم.

وبعد أن تحصل سفينة الفضاء على السرعة اللازمة، فإنها تطير بقوة دفع كمية حركتها الذاتية، وتوفر الوقود. ولن تتبع السفينة،

لنفس السبب، خطا مستقيما فى سفرها عبر الفضاء، فمسارها سيكون على شكل قطع ناقص، وأخيرًا سيكون على شكل قطـــع متكـــافئ أو قطع زائد.

وسوف تطلق صواريخ موجهة باللاسلكى ولا تحمل ركابـــا. وذلك بقصد استكشاف الفضاء قبل أن يتهيأ الإنسان لاقتفـــاء أثرهـــا. كما أن هذه الصواريخ ستجمع لنا المعلومات اللازمة لبنـــاء ســـفينة الفضاء، وتختبر ظروف السفر عبر الفضاء، وأثرها على الحيوانات.

وأول مرحلة من مراحل السفر بين الكواكب هى؛ بنـــاء قمـــر صناعى يدور حول الأرض، وتتبع هذه المرحلة رحلة إلـــى القمـــر والكواكب الأخرى.

ولن تستغرق فترة ساعة التحليق حـــول الأرض، فـــى دورة واحدة، أكثر من ساعة ونصف ساعة. أما مدة الطيران إلـــى القمـــر والعودة إلى الأرض فإنها تستغرق عشرة أيام. وإذا اتجهت الرحلـــة فى مسار قطع ناقص وعبرت مدارى الزهرة والمريخ، فإنها تستغرق مدة لا تقل عن سنة، وذلك بما فيها العودة. أما الأسفار إلى العـــوالم البعيدة، فإنها تستغرق عدة سنوات.

ونتوقع أن تقدم لنا هندسة الراديو الحديثة تسهيلات تساعد على الاتصال بالسفن، وذلك بواسطة أمواج لاسلكية موجهة. وسيكون من السهل تحديد أماكن الصواريخ الطائرة عبر الفضاء فى أى وقت من الأوقات، وذلك لأن الصواريخ تخضع لنفس القوانين التى تخضع لها الأجرام السماوية.

وبوسعنا أن نقرر، على قدر معلوماتنا، أن ليس ثمة عقبة، من وجهة نظر علم وظائف الأعضاء، تحول دون السفر بين الكواكب. وأيا كانت الاحتمالات المتوقعة، فإن الإنسان يقوى على تحمل ضغط يعادل وزن جسمه من أربع إلى خمس مرات أثناء الدقائق القليلة التى ستواصل فيها المحركات دورانيا. ومعنى هذا أن سفينة الفضاء ستتمكن من أن تكتسب سرعة تعادل السرعة الكونية، فى الوقت الذى تدور فيه محركات صواريخها، مع أقل التكاليف.

ولم يثبت بالتحديد حتى الآن، أن انعدام الثقل لن يترتب عليه أى أذى للجهاز العضوى الإنسانى، إذا ما استمر على هذه الحالة مدة طويلة إلى حد ما على أية حال فمن الممكن أن نقوم بإجراء مضاد، حالة انعدام الثقل، إذا ما ثبت أن لها آثارها الضارة، إذ من الممكن

من الناحية الفنية العملية أن ننشئ جاذبية صناعية، وذلك بأن نجعل السفينة تدور حول نفسها.

ويمكن تنظيم حرارة الجو داخل سفينة الفضاء عن طريق الألواح التى تغطى السفينة. إذ إن هذه الألواح ستمتص الطاقة الشمسية حسب الشدة المقدرة لها.

وليست هناك صعوبة خاصة، فى مرحلة التقدم الفنى الحالية، تحول دون خلق غلاف غازى صغير داخل سفينة الفضاء. ويتميز هذا الغلاف بتركيب ورطوبة تلائمان الإنسان. ويمكن كذلك أن نمد المسافرين عبر الفضاء بالطعام، ونحميهم من الأشعة فوق البنفسجية الساقطة من الشمس. ولقد تمت دراسة آثار الأشعة الكونية على جسم الإنسان. ولن ننسى حقيقة مهمة، وهى أن الشهب والكويكبات مصدر خطر كبير على سفن الفضاء.

وتوحى لنا أحدث المكاسب العلمية بأن السفر بين الكواكب ممكن تحقيقه فى القرن الحالى. وهكذا تحول الحلم العظيم الذى ظل يداعب الإنسان، حتى عهد ليس ببعيد، إلى حقيقة بعد أن كان فى عداد الرؤى الخيالية.

والسفر بين الكواكب سيلقى ضوءًا على مشكلة ظلت حتى الآن دون إجابة. وهى؛ هل توجد حياة على ظهر كواكب مجموعتنا الشمسية؟ وإذا كان كذلك فما مدى تطورها؟

وفضلا عن الأهمية العلمية البحتة للسفر بين الكواكب، فمن المحتمل أن تكون له قيمة عملية، على الرغم من استحالة تحديد صورة هذه القيمة العملية فى المرحلة الحالية. ويمكننا أن نشير إلى حقيقة واقعة، على سبيل التمثيل لهذه القيمة العملية. فمن المعروف أن الكواكب وأقمارها تمثل مصدرا لا ينفد للثروة المعدنية. ومن ثم فلابد من دراساتها والاستفادة بها من أجل خير الإنسانية.

إن الشعب السوفيتى سيبنى محطات فى الفضاء بين الكواكب، كما سيبنى سفن الفضاء، من أجل اكتشاف أسرار الكون، ولكى يوسع من نطاق سيطرة العقل البشرى على العناصر.

التصحيح اللغوى: وجيه فاروق

الإشراف الفنى: حسن كامل

التصميم الأساسى للغلاف: أسامة العبد